



ZMNE REPÜLŐMŰSZAKI INTÉZET

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK

XVI. évfolyam 36. szám

2004.



**A ZRÍNYI MIKLÓS
NEMZETVÉDELMI EGYETEM
TUDOMÁNYOS KIADVÁNYA**

Repüléstudományi Közlemények
XVI. évfolyam 36. szám
2004/1.

Szerkesztette:
Békési Bertold
Dr. habil. Szabolcsi Róbert

A szerkesztőség címe:
5008, Szolnok, Kilián út 1.
Telefon: 56-510-535 (79-68 mell.)

Szerkesztőbizottság:

Dr. Péter Tamás, dr. Pokorádi László, Varga Béla, dr. Szántai Tamás, Bottyán Zsolt,
dr. Pintér István, dr. Óvári Gyula, Békési Bertold, dr. Rohács József, Kovács József,
dr. Gedeon József, dr. Szabó László, dr. Szabolcsi Róbert, Vörös Miklós

Lektori Bizottság:

Dr. Péter Tamás, dr. Pokorádi László, dr. Szántai Tamás, dr. Óvári Gyula
dr. Rohács József, dr. Németh Miklós, dr. Gedeon József, dr. Szekeres István
dr. Szabolcsi Róbert, dr. Horváth János, dr. Gausz Tamás, dr. Sánta Imre
dr. Pásztor Endre, dr. Kurutz Károly, dr. Nagy Tibor, dr. Ludányi Lajos
dr. Kuba Attila, dr. Jakab László

Felelős kiadó: Dr. Szabó Miklós, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem rektora
Felelős szerkesztő: dr. Lükő Dénes
Tervezőszerkesztő: Békési Bertold
Készült a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem nyomdájában, 200 példányban
Felelős vezető: Kardos István

ISSN 1417-0604

TARTALOMJEGYZÉK

HADTUDOMÁNYI ROVAT

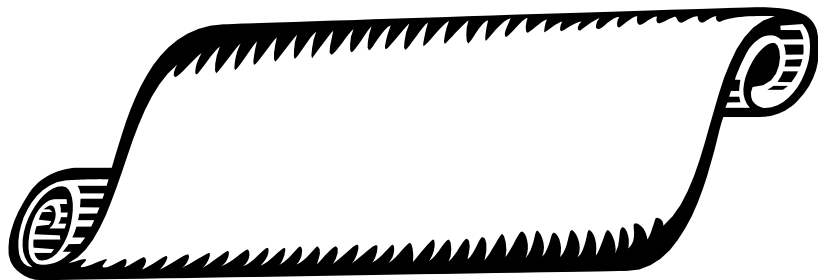
Berkovics Gábor–Krajnc Zoltán–Palik Mátyás A csehszlovák légierő a két világháború között	7
Gácsér Zoltán A kis méretű pilóta nélküli repülőgépek katonai alkalmazásának lehetőségei	17
Urbán István Égitestek mozgása, égi koordináta-rendszerek navigációs összefüggései	27

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI ROVAT

Koncz Miklós Tamás Fedélzeti inerciális adatgyűjtő rendszer alkalmazása pilóta nélküli repülőgépekben	43
Gácsér Zoltán A mini és a mikro pilóta nélküli repülőgépek	53
Szegedi Péter Pilóta nélküli repülő eszközök	63

MŰSZAKI TUDOMÁNY ROVAT

Urbán István A teresztrikus-navigációs időszámítás és gyakorlati alkalmazásai	81
Géczi József A digitális térkép alkalmazási lehetőségei a repülésben	91
Szabolcsi Róbert Modern járműdinamikai rendszerek vizsgálata	99
Rezümé	117
Szerzők	121



HADTUDOMÁNYI ROVAT

Rovatvezető: Dr. Pintér István
Rovatszerkesztők: Dr. Óvári Gyula
Békési Bertold

A CSEHSZLOVÁK LÉGIERŐ A KÉT VILÁGHÁBORÚ KÖZÖTT

A XX század elején a hadviselés új fizikai dimenziója nyílt meg a háborúzó felek számára. A szabad léggömb, a motoros léghajó után megjelenő repülőgép — s katonai alkalmazásuk — nagyon gyorsan forradalmasította a hadviselést. A repülőeszközök fejlődésének óriási lökést adott az első világháború. A katonai felső vezetések már a század első évtizedében felfigyeltek erre az új eszközre, s a benne lévő — katonai alkalmazási — lehetőségekre. Ez megteremtette a szükséges anyagi forrásokat a kísérletezésre, fejlesztésre, majd hamarosan a tömeggyártásra.

A kisebb anyagi lehetőséggel rendelkező országok, s hadseregeik a háború alatt elsősorban felderítő célra használt repülőgépeket szereztek be. Az 1918 utáni jelentős mértékű hadseregcsökkentés, részleges leszerelés a harci repülőeszközök és szervezeteik vonatkozásában nem valósult meg. Térségünkben ez különösen igaz volt. A közép-európai államok — melyeket nem korlátozott a párizsi békekonferencia, illetve a békeszerződések — folytatták, vagy megkezdték légierjük dinamikus kiépítését.

A Csehszlovák Köztársaság új alakzat volt közép-Európa térképén, mely nagyon komoly ipart, s ezen belül hadiipart örökölt az Osztrák–Magyar Monarchiától. A külső politikai helyzete gyakran volt feszült, problémákkal terhelt. Állandó, potenciális konfliktusforrást jelentett a Magyarországtól elcsatolt Felvidék, melynek déli részén összefüggő tömbökben éltek magyarok, s nem kis problémát jelentett az országban élő mintegy hárommillió német kisebbség sem. Még Lengyelországgal is volt egy kisebb területi vitája Csehszlovákiának a tescheni Szilézia feletti uralom kérdésében. A csehszlovák vezetés a két világháború közötti időszak nagy részében Magyarországot tekintette lehetséges és fő ellenségének. Bár a jelzett időszakban a csehszlovák hadsereg, s főleg légierje nagyságrenddel erősebb volt a magyar erőknél, az állami vezetés szerződésekkel is igyekezett biztosítani az ország biztonságát. Ennek főbb állomásai az alábbiak voltak:

- 1920. augusztus 14. „Csehszlovák–Jugoszláv szövetségi szerződés”;
- 1920. szeptember 18. „Csehszlovák–Jugoszláv katonai megállapodás”;
- 1921. április 23. „Csehszlovák–Román védelmi szövetség”.

Ezeket a megállapodásokat egészítette ki, tette teljessé az 1921. június 7-ei „Román-Jugoszláv védelmi szövetség”¹. A megalakult „kisantant” nem csak Magyarország ellen irányult, azonban egyik lehetséges ellenfelének tekintette azt. 1929-ben, Belgrádban meghosszabbították az évtized elején kötött szerződéseket.

CSEHSZLOVÁKIA REPÜLŐGÉPIPARA

A Monarchia több, nagy gyártási kapacitású repülőgép és hajtómű gyára is csehszlovák területen működött, s háborús kár nem érte őket. A gazdasági potenciál mellett nagy számú tervező, kivitelező szakemberrel, így komoly szellemi kapacitással is rendelkeztek, akik a világháború alatt a Monarchia repülőgépgyáraiban dolgoztak, s ez biztosította a saját légierő mielőbbi megteremtését, kiépítését.

Csehszlovákia tehát jelentős ipari és hadiipari kapacitással rendelkezett. Hét gyárban folyt repülőgépgyártás, vagy korszerű repülőgép-hajtómű előállítása a vizsgált időszakban²:

- az AVIA gyár (CAKOVICA): a hadseregnek repülő és repülőmotort gyártott;
- az AERO Repülőgépművek (PRAGA–VYSOCANY): a hadseregnek repülő és repülőmotort gyártott;
- a Katonai Repülőgépművek (LETOV–LETNANY): a hadseregnek repülő és repülőmotort valamint alkatrészeket gyártott;
- a CKD Repülőosztálya (PRAGA–KARLIN és PRAGA–LIBEN): repülőgépmotorokat gyártott;
- a WALTER Repülőmotorgyár (JINONICE): repülőgépmotorokat gyártott;
- a BRNO-i fegyvergyár: repülőgépmotorokat is gyártott;
- a MICHL féle motorkerékpárgyár (SLANY): egy osztályon repülőgépmotorokat gyártott.

A repülőgépgyárak — AVIA, AERO, LETOV — teljesítménye a húszas évek elején mintegy 250-300 db³, a harmincas évek elején mintegy 500-600 db⁴ eszköz elkészítését biztosította évenként. A tényleges termelés természetesen ennél lényegesen alacsonyabb volt. Azonban a gyártási kapacitás már a húszas években is nagy volumenű exportra adott lehetőséget úgy a repülőgépek, mint a

¹ Hadtörténeti Levéltár (a továbbiakban HL), VKF 2.o. 122064/Eln. 1929.

² HL, VKF 2.o. 118349/Eln. 1933.

³ HL, VKF 1.o. 5149/T 1928.

⁴ HL, VKF 2.o. 123725/Eln. 1931.

motorok és az alkatrészek területén. Csehszlovákia 1918-30 között összesen mintegy 1200 db repülőgépet gyártott⁵.

Csehszlovákia legfontosabb javítóbázisa az Olmützben működő „Repülő főműhely” volt. Ugyanott települt a „Repülő főraktár” is. A harci repülőgépek tervezése és gyártása már 1919-től folyt. Csak bizonyos funkciókra kellett eszközöket, illetve gyártási licencet vásárolniuk (elsősorban az éjjeli-, vagy nehéz bombázók rendszerbe állítására). 1933-tól a cseh repülőgépipar a fa repülőgépek gyártásáról áttért a fém repülőgépek sorozatgyártására⁶.

A repülőgép, repülőgépmotor, alkatrészek, és tartozékok kereskedelmében általában jelentős aktívumot mutatott fel a csehszlovák hadiipar.

A LÉGIERŐRE BIZTOSÍTOTT KÖLTSÉGVETÉSI KERETEK

A csehszlovák politikai és katonai vezetés a légierő kiépítésére, fenntartására, modernizálására mindvégig jelentős forrásokat biztosított. A húszas években — a hadsereg költségvetéséből — egyre növekvő arányban és összegben fordítottak a repülőeszközök tervezésére, gyártására, és a meglévő szervezetek fenntartására, bővítésére. A folyamatos és viszonylag egyenletes forrásbiztosítás egyedül 1926-ban nőtt meg látványosan. Ennek magyarázata a következő lehet: A csehszlovák légierő 1927-re elérte, hogy eszköz- és alkatrészgyártás területén gyakorlatilag önellátóvá vált. Ennek feltétele volt a hadiipari kapacitás kibővítése és a szinte teljes eszközcsere a légierőn belül.

Az állam 1929-ben költségvetésének 17,3%-át fordította a fegyveres erőre⁷. A gazdasági világválság a hadseregbe fordított összegeket ugyan alapvetően csökkentette, ez azonban a légierőt nem érintette, a végrehajtott fejlesztések, modernizáció alapján nem is érinthette jelentősen. A harmincas évek első felében, 1935-ig drasztikusan és folyamatosan csökkent a csehszlovák katonai költségvetés. Azonban a hadsereg repülőszázadainak és repülőgépeinek száma, ha nem is dinamikus, de fokozatosan tovább emelkedett. Az évtized közepétől pedig újra erőteljes mennyiségi és minőségi fejlesztés kezdődött meg a légierőnél.

A repülőgépek relatíve magas előállítási és kereskedelmi árai alapjaiban befolyásolták az államok — így volt ez Csehszlovákia esetében is — lehetőségeit légijerük fejlesztésében. A húszas évek végén a felderítő- és vadászipülőgépek hozzávetőleges kereskedelmi ára mintegy 3-400 000 korona volt, míg a bombá-

⁵ HL, VKF 2.o. 118985/Eln. 1931.

⁶ HL, VKF 2/a.o. 123604/Eln. 1933.

⁷ MKK 1929/2. 202-203. oldal

zóké 4-600 000 korona⁸. Ebben az időben a csehszlovák légierő évente, átlag 60 repülőgépet selejtezett ki, tehát a pótlás és a fejlesztés állandóan, nagy összegeket emésztett fel⁹. A repülőeszközök előállításai és beszerzési költségei a harmincas években folyamatosan nőttek, gyakorlatilag majdnem egy nagyságrenddel¹⁰.

A CSEHSZLOVÁK LÉGIERŐ SZERVEZETEI

Csehszlovákia a húszas években három repülőezredbe szervezte légierőjét. A léghajók és a légvédelmi tüzérsapatok a szárazföldi erőkhöz tartoztak. A repülőezredek közül az 1. Prágában (és Égerben¹¹), a 2. Olmützben a 3. pedig Pozsonyban (és Nyitrán, Kassán) települt. Az ezredek alárendeltségébe tartozó repülőszázadok száma és a repülőgépek mennyisége az évtizedben folyamatosan növekedett. Míg 1922-ben 11 századdal és mintegy 250 repülőgéppel rendelkeztek, addig 1929-ben már 23 százada (más források szerint 26) és mintegy 800 harci, kiképző és tartalék repülőgépe volt a csehszlovák légierőnek.

A tényleges repülőeszközök számának megállapítása a rendelkezésre álló források alapján meglehetősen nehéz. A viszonylag megbízhatónak tekinthető *Annuaire Militaire* kiadványok gyakran közölnek kettő-három évvel korábbi adatokat, a Magyar Katonai Közlemények (MKK) és Magyar Katonai Szemle (MKSZ) források pedig gyakran összevonják a harci („elsővonalbeli”) repülőgépeket a kiképző, a tartalék és időnként a polgári életből bevonható eszközökkel. Természetesen ez utóbbiak is alkalmazhatóak voltak harcfeleladatok végrehajtására, de nem azonnali bevetethetőséggel, és egy részük csak kisebb hatékonysággal. A másik bonyolító tényező, hogy a felderítő repülőgépeket — a húszas évek jelentős részében — gyakran könnyű bombázórepülőként is nyilvántartották. Ezek az eszközök ugyan általában képesek voltak bomba szállítására, de csak igen kis terheléssel. Így hatékonyságuk a bombázásban megkérdőjelezhető volt. Összességében a leghitelesebbek és leginkább használhatóak minden bizonnyal a VKF 1. és 2. osztályának adatai.

1929-ben felállították a 4. repülőezred-parancsnokságot Königsgrätzben, majd megkezdtek az 5. és 6. ezred — elsősorban a parancsnokságaik — megszervezés-

⁸ HL, VKF 2.o. 118121/Eln. 1932.

⁹ HL, VKF 2.o. 120474/Eln. 1932.

¹⁰ Dr. Szabó Miklós: A Magyar Királyi Légierő technikai és szervezeti fejlődése (1938-1944) ZMKA, Disszertáció, 1981. 148. oldal.

¹¹ Írásunkban a VKF, MKK, MKSZ, és egyéb forrásokban használt helyiségneveket használtuk, nem a korszak, vagy napjaink hivatalos megnevezéseit. Így a cikkben Cheb helyett Éger, Olomouc helyett Olmütz, stb. szerepel.

sét is¹². Az egységek általában kettő-három osztályból álltak. A három szárazföldi hadsereg állományába a húszas évek közepén közvetlenül csak 64 db (16-24-24) repülőgép tartozott¹³. Ezeket elsősorban felderítő- és futárszolgálatra használták. A légierő számára rendelkezésre állt nyolc katonai, és öt olyan repülőtér, melyeket a polgári légi forgalommal közösen használhattak. 1928-ban megkezdődött a légierő modernizálása. Elsősorban erősebb motorral bíró eszközöket akartak szolgálatba állítani. Ez nem jelentett problémát a csehszlovák hadseregnek, hiszen a hazai hadiipar nehézség nélkül el tudta látni a légierőt. Az évtized végén, a légierő harci képességeinek gyengítése nélkül, mintegy 300 darab repülőgépet raktári készletként tároltak¹⁴.

Csehszlovákia a harmincas évek elején hat, majd 1937-től hét repülőezredbe szervezte a légierőjét, melyhez továbbra is csak a repülőerők tartoztak¹⁵. 1930 elején négy repülőezred már feltöltött és harckész volt. Az 5. és a 6. ezredeket 1932-re felállították, feltöltötték¹⁶. Az egységek közül az 1. Prágában (és Égerben), a 2. Olmützben, a 3. Pöstyénben (és Nyitrán, valamint Kassán) a 4. Königsgrätzben, az 5. Brünnben, a 6. Prágában¹⁷, a 7. Ungváron állomásozott. A 7. ezredet először Budweisre, majd Nyitrára tervezték. Ezeken kívül egy 8. ezredet is létre akartak hozni Budweisben, majd Pilsenben, de végül nem állították fel¹⁸. Az egységek közül az 1., 2., 3. három-három, a 4., 5., 6. kettő-kettő osztályból álltak¹⁹. Az 1., 2., 3., 4. repülőezredeket az I., II., III., IV. hadművelleti hadseregekhez tervezték beosztani, míg az 5., 6. repülőezredek a hadsereg általános tartalékát képezték²⁰. Ez utóbbiakban összpontosult a bombázó erők legnagyobb része. Ezek a csapatok jelentették az „offenzív légiflottát”²¹. A légierőben közelfelderítő-, távelfelderítő-, vadász-, éjjeli vadász-, nappali bombázó- és éjjeli bombázószázadok (ez utóbbiakat gyakran könnyű, illetve nehézbombázónak is nevezték) voltak. A csehszlovák hadsereg az évtized elején a légierő nagyarányú fejlesztésébe kezdett. Ennek végére 70 repülőszázadot terveztek²². Ez nem valósult meg egészében, de így is jelentékeny erőt képviselt a légierőjük.

¹² HL, VKF 2.o. 118163/Eln. 1931. és HL, VKF 2.o. 119925/Eln. 1931.

¹³ HL, VKF 2.o. 25617/T 1925.

¹⁴ HL, VKF 2.o. 119925/Eln. 1931.

¹⁵ HL, VKF 2.o. 123533/Eln. 1935.

¹⁶ HL, VKF 2.o. 120474/Eln. 1932.

¹⁷ HL, VKF 2.o. 119956/Eln. 1931.

¹⁸ HL, VKF 2.o. 118551/Eln. 1933., HL, VKF 2.o. 120474/Eln. 1933. és HL, VKF 2.o. 121265/Eln. 1933.

¹⁹ HL, VKF 2.o. 120191/Eln. 1935.

²⁰ HL, VKF 2.o. 120474/Eln. 1932.

²¹ HL, VKF 2.o. 118606/Eln. 1932.

²² HL, VKF 2.o. 121265/Eln. 1933.

(A csehszlovák légierő századainak és repülőgépeinek mennyiségét táblázatban foglaltuk össze.)

Rendelkezésre állt tíz katonai repülőtér és húsz olyan repülőtér, melyeket szükség esetén a polgári légi forgalommal közösen használhattak. Ezek kiegészítésére 1936-ban megkezdtek tíz szükségrepülőtér megépítését és berendezését, négyet cseh-morva, hatot szlovák területen.

Az 1938–1939-es évek gyökeresen átalakították Magyarország északi szomszédjának helyzetét és légierjét. A müncheni egyezmény és az első bécsi döntés után létrejött az önálló Szlovákia, melynek területe a később Lengyelországtól visszacsatolt 640 km²-rel együtt 38 140 km², összlakossága pedig 2 530 000 fő volt. Az eddigi csehszlovák katonai potenciálhoz képest jelentéktelen erőkkel rendelkeztek. A szlovák hadseregben egy repülőezredet szerveztek az eddig itt települt egységek állományából, és azon anyagából, melyet nem kellett átadniuk a németeknek. A parancsnoksága Pöstyénben volt, alakulatai Pöstyénben, Vanoryban, Spišska Nová Vesben (Iglón), Tri Dubyban és Nyitrán állomásoztak. A szlovák légierő fő típusai az S–328, B–534, S–128, S–218, S–16, A–230, A–330 és a Ba–34 voltak. Tizenhárom jól kiépített, felszerelt, elsősorban katonai használatú repülőtérrel is örökölték. 1939. december 1-jén a békehadrendben kettő repülőosztály szerepelt, kettő vadászipülő- és négy felderítő (egy távol-, három közelfelderítő) századdal. Rendelkezésükre állt a tizenhárom állandó katonai repülőtér mellett további húsz ideiglenes objektum is. A szlovák hadsereg felszerelése az örökölt csehszlovák anyagból állt, tehát jó minőségűnek volt tekinthető²³. Ez a légierő azonban már nem jelentett veszélyt Magyarország számára.

A CSEHSZLOVÁK LÉGIERŐ ESZKÖZRENDSZERE

A csehszlovák területen lévő repülőgép- és repülőgépmotor gyárakban már 1919-től megkezdtek a harci repülőgépek tervezését és gyártását. Ehhez mind a műszaki lehetőségek, mind pedig az alapanyagok rendelkezésükre álltak. A húszas évek harci repülőgépei elsősorban a „Letov” és az „Aero” gyárakban készültek. Az előbbiben 1919-től, az utóbbiban 1920-tól²⁴ kezdték gyártani a repülőgépeket és tartozékaikat²⁵. Így Csehszlovákia nem sokáig szorult importra légierije megteremtéséhez. Az évtized elején különböző Aerokból 440 darabot gyártottak, míg a Letovokból (SM-1) 90-et. A következő főbb típusok jelentek

²³ HL, VKF 1.o. 3038/Eln. 1940.

²⁴ Kezdetben az osztrák Phönix licence, majd hamarosan a saját tervek alapján.

²⁵ Angelucci, Enzo: The Rand McNally Encyclopedia of Military Aircraft 1914 to Present, Crescent Books, New York 1981, 156., 158. oldal.

meg: AB-11, AB-11N – éjjeli és nappali bombázó, A-21, A-24, A-25 – kiképző, A-11 – felderítő, Letov SM-1 – bombázó. Ezeket 1920-tól kezdve folyamatosan szolgálatba is állították. A húszas évek elején a csehszlovák légierőben jelentős mennyiségű francia gyártmányú SPAD VII és XIII repülőgép volt. Mintegy 140-150 db-ot vásároltak belőlük. Ezek fokozatos leváltását, cseréjét a saját tervezésű és kivitelezésű eszközökkel oldották meg. 1920-ban francia segítséggel megkezdték az eszközeiket önálló légierőbe szervezni. Míg 1919–1920-ban elsősorban a volt osztrák–magyar gépek alkották a „légi csapataikat”, majd a légierőt, addig 1927-re sikerült elérniük, hogy csaknem 100%-ban már saját gyártású eszközökkel voltak képesek felszerelni repülőezredeiket. Ebben igen nagy szerepet játszott a kiváló csehszlovák repülőgép és hajtóműtervező gárda, melyet olyan nemzetközileg is ismert, elismert nevek fémjeleztek, mint Alois Šmolík, Antonín Vlasák, Antonín Husník, Pavel Beneš, Miroslav Hajn, František Novotný, s mások. Importra, illetve licence-re a légierő csak a nehéz bombázó kategóriában volt rászorulva, erre a funkcióra vásárolták meg a 3 motoros Fokker-IX. gyártási technológiáját²⁶. Folyt azonban a bombázók hazai tervezése is, ezek közül az A-42-öt, a 3 motoros A-46-ot és az A-300-at érdemes kiemelni.

A repülőgépgyárakban a húszas években mintegy 82 típust terveztek, bár természetesen ezek nagy részének tömeggyártása nem történt meg, s nem kerültek be a hadsereg eszközállományába²⁷.

A repülőerők, a saját konstrukciók ellenére, vagy talán éppen ezért, túl sok típusból álltak a harmincas évek elején. Különösen igaz volt ez a vadásziprepülőkre. A katonai vezetésnek először az volt a célja, hogy csak egy-egy típus maradjon meg repülő-fegyvernemenként²⁸. A tervekben kénytelenek voltak módosítani. Végül kettő-három fajta repülőgép maradt a különböző funkciójú erőknél. Ezt 1935-re, az AVIA B-534 vadásziprepülőgép tömeggyártásával gyakorlatilag sikerült megoldani. Az AVIA B-534 repülőgép 1935–38 között az alapját képezte a vadásziprepülőerőknek. Összesen 445 darabot gyártottak belőle²⁹. Az AVIA B-534 és modifikációi talán a legsikeresebb konstrukciónak tekinthetők. 1936-ban 134 darabot, 1937-ben 50 darabot, 1938-ban 68 darabot állítottak szolgálatba³⁰. A még elkészült majd 200 darab eszközt már nem kapta meg a hadsereg. 1939-ben a németek néhány AVIA B-534 kivételével, melyeket a szlovák hadseregnek meghagytak, szinte az összes

²⁶ HL, VKF 2.o. 118606/Eln. 1932. és HL, VKF 2.o. 120474/Eln. 1932.

²⁷ HL, VKF. 2.o. 5149/T 1928.

²⁸ HL, VKF 2.o. 123183/Eln. 1932.

²⁹ **Angelucci**, Enzo: *The Rand McNally Encyclopedia of Military Aircraft 1914 to the Present*, Crescent Books, New York 1981., 215. oldal

³⁰ <http://web.pinknet.cz/LeteckeMuzeum/ie4/>

eszközt lefoglalták, s egy részüket integrálták a saját légierijükbe. Valószínűleg még 1942-1943-ban is használták őket a keleti fronton³¹.

Az AERO A-100 és az AERO A-101 (44 és 29 darab)³², illetve az S-328 (62, majd még 75 darab)³³ repülőgépek rendszerbeállításával megoldották a felderítő és a könnyű bombázó századok eszközeinek váltását, modernizálását.

1936-ra befejeződött a csehszlovák légierő modernizálása. Azt az elképzelésüket, hogy olyan repülőgépet tervezzenek és építsenek, melynek csak a fedélzeti felszerelésén múlik a feladata (felderítő, vadász vagy bombázó)³⁴, nem sikerült megvalósítani.

BEFEJEZÉS

A Csehszlovák állam születésétől feldarabolásáig nagy gondot fordított a légierőjének kiépítésére, fejlesztésére, modernizálására, karbantartására. Ezt a két évtized alatt racionálisan és hatékonyan megoldották. Az ország szükségleteihez képest igen erős és modern légiflottával rendelkezett. Enyhe túlzás ugyan, ám mégis el lehet fogadni azt a megfogalmazást, hogy a két világháború között Csehszlovákia „Európa szárazföldi repülőgép anyahajója” volt. A csehszlovák légierő végül nem került alkalmazásra, azonban szervezettsége, felépítése, vezetettsége, állományának kiképzettsége, s felkészültsége elismerésre méltó volt.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] The Aircraft Yearbook for 1934. Aeronautical Chamber of Commerce of America, inc. 22. East fortieth street, New York 1934.
- [2] ANGELUCCI, ENZO: The Rand Mc Nally Enciklopedia of Military Aircraft 1914 to Present, Crescent Books, New York 1981.
- [3] Annuaire Militaire 1924, 1926, 1927, 1928, 1929, 1930, 1930–31, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936, 1937, 1939–40, Genf.
- [4] GROEHLER, OLAF: A légi háborúk története 1910–1970, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest 1980.
- [5] KLIMENT, K. CHARLES: Slovenska Armada, Plzen 1996.
- [6] DR. LENGYEL FERENC: Katonapolitika és hadművészet a két világháború között, ZMKA Hadtörténelmi Tanszék, Jegyzet.
- [7] Magyar Katonai Közlemények 1909–1930.
- [8] Magyar Katonai Szemle 1931–1939.
- [9] Légügyi hírek: A cseh–szlovák légi haderő erőviszonyai, MKK 1928/1.
- [10] Repülés és léghajózás: A légierők fejlesztése Csehországban, MKK 1930/2.

³¹ Uo.

³² Repülőgépek Enciklopédiája. Aerospace Publishing Ltd. 1992., Gemini Kiadó, 1996.

³³ HL, VKF 2.o. 124820/Eln. 1935.

³⁴ HL, VKF 2.o. 121265/Eln. 1933.

- [11] VITÉZ SZENTNÉMÉDY FERENC: Korszerű légierők fenntartása pénzügyi megvilágításban, MKSZ 1931/12.
- [12] VITÉZ SZENTNÉMÉDY FERENC: A légügy múlt évi fejlődése, MKSZ 1932/1.
- [13] VITÉZ SZENTNÉMÉDY FERENC: Visszapillantás a légügy fejlődésére, MKSZ 1933/1, 1934/1, 1935/1, 1936/1, 1937/1.
- [14] VITÉZ SZENTNÉMÉDY FERENC: A légügy múlt évi fejlődése, MKSZ 1938/1, 1939/1.
- [15] NAGYVÁRADI SÁNDOR – M. SZABÓ MIKLÓS – WINKLER LÁSZLÓ: Fejezetek a Magyar katonai repülés történetéből, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1986.
- [16] Repülőgépek Enciklopédiája, Aerospace Publishing Ltd. 1992, Edito-Service, S.A. Genf. 1992., Gemini kiadó 1996. október 22.
- [17] Rivista Aeronautica 1930/2. Rome, 1930.
- [18] Taschenbuch der Luftflotten, V. Jahrgang, Herausgegeben von Dr. Ing. W. von Langsdorf, 1926.
- [19] Taschebuch der Luftflotten 1928/29, Frankfurt am Main 1928.

A csehszlovák légierő repülőszázadai és eszközei

Év	Felderítő század		Felderítő repülőgép		Vadász század	Vadász repülőgép	Bombázó század		Bombázó repülőgép		Kiképző repülőgép	Tartalék repülőgép	Összes század	„Elsővonalbeli” / Kiképző és Tartalék repülőgépek	Forrás
	KF	TF	KF	TF			KB	NB	KB	NB					
1922	7		84		4	48							11	132/?	VKF 1.o. 5149/T 1928.
1923	7		84		5	60	2		24			92	14	168/92	VKF 1.o. 5149/T 1928.
1924	8		96		5	60	2		24				15	180/?	VKF 1.o. 5149/T 1928.
1925	8		96		6	72	3		36				17	204/?	VKF 1.o. 5149/T 1928.
1926	10		120		10	120	3		36				23	276/?	VKF 1.o. 5149/T 1928.
1927	11		132		11	132	3		36		400		25	300/400	VKF 1.o. 5149/T 1928.
1930	11	1	165	15	10	150	2	1	30	15		40	25	375/?	Rivista Aeronautica 1930/2.
1931			120			120			60		300			300/300	MKSZ 1932/1.
1932	14		140		11	132	2	2	16	16		304	29	308/312	VKF 2.o. 120474/Eln. 1932.
1933	13	4			15		2	2			360		36	360/360	VKF 2.o. 121265/Eln. 1933.
1934	15	3			16		3	2					39		MKSZ 1934/6.
1935	14	4			14		4	4					40	Összesen 700	VKF 2.o. 120191/Eln. 1935.
1936	24				21		9	6					56	Összesen 1300	MKSZ 1937/1.
1937	24				21		9	6					56	Összesen 1300	MKSZ 1938/1.
1938	19	7	235	75	25	308	11	12	130	120			74	868/?	MKSZ 1938/12.

A KIS MÉRETŰ PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉPEK KATONAI ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

BEVEZETÉS

Napjaink és az előző évtizedek katonai műveleteinek jellemző tulajdonságai merőben eltérnek egymástól. Azt kellett tapasztalnunk, hogy a bipoláris világrend megszűnésével átértékelődött a biztonságot veszélyeztető tényezők prioritása, de ezzel párhuzamosan nem javult jelentősen a globális biztonsági környezet. Háttérbe szorult a klasszikus értelemben vett háborús konfliktusok kialakulásának valószínűsége, megnőtt viszont a helyi háborúk, az etnikai zavargásokból kinőtt válságok és a terrortámadások száma.

Figyelembe véve ezeket a tényeket, egyre nagyobb szerepet kapnak korunkban a nem háborús katonai műveletek. Ide tartoznak többek között a béketámogató, humanitárius, nemzetközi terror- és kábítószer ellenes műveletek. Ezek a tevékenységek eddig ismeretlen feladatokat rónak a hadseregekre és a katonákra.

A megváltozott kihívásoknak csak akkor tudnak megfelelni a hadseregek, ha beszerzik a legfejlettebb haditechnikai eszközöket, és felkészítik katonáikat az új feladatokra.

A XXI. század katonai műveleteinek fontos jellemzője, hogy a siker egyik záloga az információs fölény megszerzése. A felderítési adatok, információk gyűjtésének egyik modern eszköze a pilóta nélküli repülő eszköz (UAV¹).

A közeli, rövid távú, és a nagy távolságú UAV-k csoportja egyre nagyobb szerepet kap a katonai műveletekben. Kibővül feladatkörük a felderítésen kívül többek között csapásmérési, terület megfigyelési, elektronikai zavaró feladatokkal. A korszerű haditevékenységek különböző szintjein nélkülözhetetlen technikai eszközzé váltak. Példa erre az afganisztáni és az iraki konfliktus is.

Mindezeket figyelembe véve a cikkemben bemutatom a közeli hatótávolságú pilóta nélküli repülő eszközök alkalmazásának lehetőségeit a XXI. század katonai műveleteiben.

Ezzel rávilágítva arra, hogy a modern harcelfjárások milyen követelményrendszert állítanak a kis méretű² pilóta nélküli repülő eszközök elé. Továbbá

¹ UAV: Unmanned Air Vehicle — Pilóta nélküli repülő eszköz.

² A kis méretű pilóta nélküli repülőeszközökön értem a mini és a mikró UAV-ket.

bemutatom, melyek azok az előnyök, amelyeket éppen ezek az eszközök nyújtanak a katonáknak.

A KATONAI MŰVELETEK FELOSZTÁSA

A katonai műveleteket több rendezőelv szerint lehet csoportosítani úgy, mint:

- a stratégiai környezet szerint;
- a tevékenység céljához viszonyítva;
- a harcmező szerkezetéhez viszonyítva.

A különböző csoportosítások között talán a stratégiai környezet³ szerinti bontás világít rá legmarkánsabban a napjainkban egyre jellemzőbbé váló kategóriára, a nem háborús katonai műveletekre.

A Magyar Honvédség Összhaderőnemi Doktrínája a katonai műveletek két alapvető fajtáját különbözteti meg:

1. Háborús katonai műveletek (hadműveletek);
2. Válságreagáló műveletek [1].

A háborús katonai műveletek körébe sorolja a támadást, a védelmet és a késleltetést.

A válságreagáló műveletek⁴ az alábbi három tevékenységcsoportot foglalják magukba:

- a fegyveres erők részvétele a háborús küszöb alatti konfliktusok kezelésében;
- a különböző veszélyhelyzeti szituációkban, ipari és természeti katasztrófák következményeinek felszámolásában, humanitárius segítségnyújtásban való részvétel és az azokkal járó egyéb feladatok⁵ végrehajtása;
- a béketámogató műveletek, amelyek magukban foglalják a békefenntartást, békekikényszerítést, konfliktus megelőzést, béketeremtést, békeépítést és a humanitárius segítségnyújtást.

Egyértelműsíthető, hogy napjaink katonai tevékenységei és a közeljövőben prognosztizálható katonai alkalmazások leginkább a válságreagáló műveletek kereteire fognak korlátozódni.

A sokrétű műveletfajták sikeres végrehajtása egyre több korszerű eszköz használatát követeli meg. A megváltozott műveletfajták új feladatmegoldó képességet igényelnek a katonáktól, és új követelményeket állítanak az őket közvetlenül támogató eszközök elé is.

³ A stratégiai környezet állapotához viszonyítva megkülönböztethetünk haditevékenységeket (katonai műveletek háborúban) és nem háborús katonai műveleteket.

⁴ Válságreagáló műveletek csoportjába sorolhatók azok a szövetséges katonai műveletek és a hozzájuk kapcsolódó tevékenységek, amelyek nem tartoznak az 5. cikkely szerinti kollektív védelem fogalmkörébe.

⁵ Egyéb műveletek és feladatok kategóriába tartozik a katasztrófa elhárítás, kutatás-mentés, nem harci kiürítés, nemzeti hagyatékok mentése nemzeti felügyelet alatt.

A technikai fejlődés és a katonai igények találkozáspontjainál különböző új eszközcsoporthoz tartozó eszközök jelentek meg a közelmúltban. Az eszközcsoporthoz tartozó eszközök többségére jellemző, hogy jelentős képességnövekedést eredményeznek az alkalmazók körében. Az egyik ilyen képességnövelő eszközcsoporthoz tartozó eszköz a pilóta nélküli repülőgépek csoportja.

A katonák feladatai a válságreakáló műveletekben

A napjainkban folyó válságreakáló műveletekben egyre nagyobb szerepet kapnak a kis alegységek és az egyedül feladatot végrehajtó katonák. Példaként említhetjük az afganisztáni bunkerek felderítését, vagy az Irakba telepített ellenőrző, áteresztő pontok működtetését. Ezeket a feladatokat is hatékonyabban tudják megoldani a katonák, ha el vannak látva kis méretű szárazföldi vagy légi pilóta nélküli eszközökkel.

Mindezek tükrében vizsgáljuk meg, hogy milyen feladatai lehetnek a katonának ilyen műveletekben és milyen „plusz” segítséget nyújthatnak a feladat végrehajtásban a mini és mikro pilóta nélküli repülő eszközök!

A katonák feladatai lehetnek például:

- felderítés városi és egyéb területeken;
- kiemelt fontosságú célok felderítése;
- aknamezők felkutatása;
- vegyi és sugárszennyezett területek felderítése;
- útvonalszakaszok biztosítása;
- menetoszlopok (szállítmányok) kísérése, biztosítása;
- ellenőrző-áteresztő pontok működtetése;
- menekülttáborok őrzés-védelme;
- fontosabb objektumok őrzés-védelme;
- felügyelet nélküli szenzorok telepítése;
- ellenséges elektronikai eszközök zavarása;
- a megszerzett felderítési adatok, információk továbbítása a harcvezetési központba;
- a felderített területről képi adatok rögzítése (digitális térkép, terület feltérképezés);
- kiemelt fontosságú objektumok, eszközök célmegjelölése vagy megsemmisítése;
- kutatás, mentés;
- terrorista akciók elleni tevékenység.

A MINI ÉS MIKRÓ PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐ ESZKÖZÖK TULAJDONSÁGAI

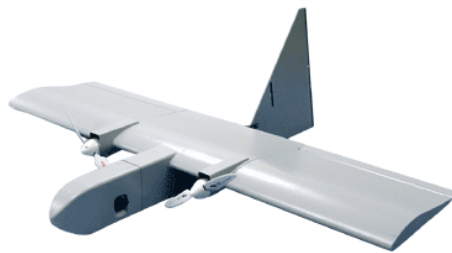
Az UAV-k ezen kategóriája alkalmas arra, hogy a katona tevékenységét közvetlenül támogassa.

A mini és mikro UAV-k néhány jellemző tulajdonsága:

- a katona magával tudja vinni a feladat végrehajtására a hátizsákjában;
- néhány perc vagy másodperc a bevetethetőségi készenlétük;
- a mini UAV-k egyszerűen szét- és összeszerelhetőek, a mikro eszközök szét- és összeszerelést sem igényelnek;
- egyszerűen irányíthatóak;
- az emberi élet kockáztatása nélkül képesek a feladat végrehajtásra ellenséges terület felett is;
- olyan területek fölé is el tudnak jutni, ahová a hagyományos gépek nem;
- költséghatékonyabbak, mint a hagyományos gépek;
- kicsi az infrastruktúra-igényük;
- manőverező képességük kiváló;
- nehezen felderíthetőek és megsemmisíthetőek (a radarok számára kis hatásos visszaverő felületet jelentenek);
- egy időben több feladatot tudnak végrehajtani.

Követelmények a mini UAV-kkal szemben[2]:

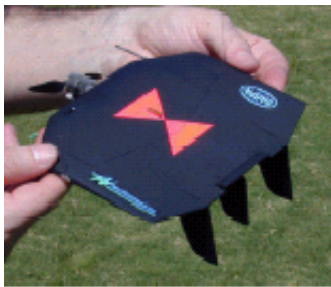
- a repülő eszköz legalább egy-két óra hosszát egyfolytában a levegőben tudjon üzemelni;
- a hatótávolsága legalább 20-25 km legyen;
- a repülő eszköz szárnyfesztávja ne haladja meg az 1,3 métert;
- a súlya kevesebb legyen, mint 11 kg;
- elférjen a katona hátizsákjában;
- biztosítson közel valós idejű adatátvitelt.



1. ábra. A Dragon Eye típusú mini UAV [3]

Követelmények a mikro UAV-kal szemben [4]:

- a könnyű irányíthatóság;
- a kis energiaigény;
- a vegyi és biológiai érzékelőkkel való ellátottság;
- a valós idejű videojel eljuttatása a kezelő földi egységéhez 10 km-es körzeten belül;
- a nagysága nem haladhatja meg a $15,2 \times 15,2$ cm-t;
- repülési sebessége minimálisan 50 km/h legyen;
- folyamatos repülési időtartama 20-120 perc legyen.



2. ábra. A Black Widow típusú mikro UAV [5]

Mindkét kategória esetében követelmény az egyszerű kezelhetőség, a nagy stabilitású anyagszerkezet, az autonóm útvonal repülési tulajdonság.

Természetesen, amikor pilóta nélküli repülő eszközökről esik szó, nem szabad megfeledkeznünk arról, hogy ez valójában egy komplexum, amely egy földi és egy légi alrendszerből áll.

A földi alrendszer többnyire egy laptop, vagy egy kis méretű megjelenítő egység, viselhető számítógép és érintőpaneles vezérlő egység kombinációja. Ennek az alrendszernek a feladata a légi alrendszer irányítása és a légi egységtől beérkezett adatok feldolgozása, kiértékelése, megjelenítése, szükség esetén továbbítása.

A légi alrendszer magában foglalja az UAV-t mint hordozót (ez lehet merev és forgószárnyas eszköz⁶), a repülést biztosító egységeket, és a hasznos terhek csoportját. Ez utóbbiak nagymértékben behatárolják, hogy milyen feladat végrehajtására alkalmas az adott eszköz.

A kis méretű UAV-ra szerelhető hasznos terhek többek között lehetnek:

- elektro-optikai eszközök;
- telepítendő zavaróadók, felügyelet nélküli szenzorok;
- modul jellegű zavaróadók;
- vegyi és sugárfelderítő eszközök;

⁶ A forgószárnyas mini pilóta nélküli repülő eszközök bonyolultabb szerkezeti kialakításuknál fogva még nem terjedtek el túlságosan.

- lézer távmérő;
- lézeres célmegjelölő eszközök;
- rádiótechnikai zavaró eszközök;
- kommunikációs átjátszó állomások;
- robbanó anyagok.

A KIS MÉRETŰ UAV-K ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A KATONAI MŰVELETEKBEN

A mini és mikro UAV-k többek között az alábbi feladatok végrehajtására alkalmasak a katona tevékenységének támogatása során:

1. Felügyelet nélküli szenzorok, zavaróadók kijuttatása ellenséges területre. A katonának nem kell a veszélyeztetett területre kimennie és letelepíteni az eszközöket, mert az UAV célba juttatja helyette ezeket.
2. Rádiótechnikai zavarás végrehajtása. Abban az esetben, ha az UAV hasznos teherként egy távműködésű zavaróadót szállít, lehetőség van a kívánt terület rádiótechnikai zavarására.
3. Vegyi és sugárfelderítés. A vegyi és sugárzásérzékelőkkel ellátott UAV-t a katona előre küldheti a veszélyeztetett irányokba, így biztonságos távolságból fel tudja deríteni a szennyezett terepszakaszokat.
4. Lézeres célmegjelölés. A pontos csapás kiváltása érdekében az UAV képes (megfelelő hasznos teher segítségével) a cél közelébe repülve megjelölni azt a tűzkiváltó egység részére. Továbbá képes tűzkorrekciós adatok továbbítására is.
5. Csapásmérés végrehajtása. Ez a funkció a nagyobb kategóriájú pilóta nélküli repülőkre jellemzőbb, de perspektivikusan mindenképpen számolni kell a mini és a mikro UAV-kal végrehajtott csapásmérésekre is. Ennek legalapvetőbb módja, ha a kis méretű UAV hasznos terhe a robbanóanyag és a katona egyszerűen rávezeti az eszközt a céltárgyra.
6. Kommunikációs átjátszási csatorna biztosítása. A kis méretű UAV mobil kommunikációs átjátszó adó szerepét is betöltheti. Ez nagy jelentőséggel bírhat városi területen vagy ott, ahol az információk a lefedettség hiányában nem továbbíthatók.
7. Elektro-optikai felderítés. Ez a kis méretű UAV-k legelterjedtebb felhasználási módja napjainkban. Ezért ezt a területet a későbbiekben részletesen bemutatom.

Az előzőekben felsorolt feladatok végrehajtására alkalmas mikro és mini UAV-k jelentős túlélés- és képességnövelő tényezőt jelentenek a katona számára.

A kis méretű UAV-k alkalmazásának folyamatában meg lehet különböztetni két irányítási módot. Az egyik, amikor a katona direkt módon irányítja a repülőt. Ebben az esetben, szinkronban tudja követni a repülő mozgását (pillanatnyi helyzetét) és a hasznos terhek által szolgáltatott információkat. A másik megoldás, amikor a repülő eszköz autonóm repülési üzemben egy előre beprogramozott útvonalat tesz meg. Az útvonalat a katona (a bevetés előtt vagy közben) a kijelzője, illetve az érintő gombos irányító egysége, vagy laptopja segítségével tudja beprogramozni. A programozást megkönnyíti, hogy a GPS⁷ segítségével a katona kijelzőjén megjelenik saját térbeli helyzete (koordinátái) és a környező terület digitális térképi felülete is. Ezek segítségével a katona meg tudja adni a repülési útvonalat és a forduló pontokat a repülőgépnak. A fedélzeti rádió gondoskodik arról, hogy a szenzorok által gyűjtött információk eljussanak a földi egység vevő berendezéséhez.

Az elektro-optikai eszközökkel ellátott kis méretű UAV-k alkalmazási lehetőségei

Az elektro-optikai eszközzel felszerelt pilóta nélküli eszközök bármely napszakban képesek valós idejű álló vagy mozgóképet szolgáltatni az ellenség területeiről, objektumairól, esetleges csapatmozgásairól.

Az elektro-optikai felderítésre bevetett kis méretű UAV-k leggyakrabban nagy látószögű fix vagy állítható zoommal rendelkező digitális kamerával, esetleg fényképezőgéppel, vagy infra kamerával (3. ábra) vannak ellátva. A méret és súlykorlátozás miatt ezen eszközök közül többnyire csak egy van a légi egységre szerelve. Természetesen ezek a szenzorok modul jellegűek. Bevetés előtt a katonának lehetősége van kiválasztani a szükséges szenzort, és azt az UAV-hez csatlakoztatni.



3. ábra. Mini UAV hasznos terheként alkalmazható infra kamera [6]

⁷ GPS: Global Positioning System — globális helymeghatározó rendszer

Elektro-optikai eszközzel ellátott mikro és mini UAV-k kiválóan *alkalmasak az ellenséges terület felderítését végző katona közvetlen felderítő támogatására*. Mindkét előbb felvázolt irányítási módban használhatja a katona ezeket az eszközöket. A felderítés napszakától és céljától függően ajánlott a digitális vagy az infravörös kamera használata. Ha a cél ellenséges terület, objektum vagy mozgás felderítése nappali fénynél, akkor alkalmazható videó kamera zoommal. Ellenben infra kamera szükséges, ha a felderítendő cél álcázott eszköz vagy személy, szórt vagy telepített aknamező⁸, illetve ez alkalmazandó éjjeli látási viszonyok között is.

Digitális fényképezőgéppel ellátott eszköz alkalmazható akkor, ha a katona az adott területről valós idejű digitális térkép készítéséhez kíván adatokat gyűjteni.

Az elektro-optikai eszközökkel ellátott mini UAV-k segítséget nyújtanak a katonának akkor is, ha *menekülttáborok őrzés-védelmét látja el, vagy ellenőrző-áttesztő pontokon teljesít szolgálatot*. Ezekkel az eszközökkel az ellenőrző-áttesztő pontokhoz vagy a menekülttáborokhoz vezető útvonalaknak akár 24 órás folyamatos légi megfigyelése lehetséges. Így biztonságos távolságról kiszűrhető a gyanús mozgás, és a veszélyesnek ítélt személyek vagy eszközök ellenőrizhetőek. Ebben az esetben célszerű előre beprogramozott útvonalon repíteni az eszközt, és felszerelni optikai zoommal ellátott nappali, illetve infra kamerával. Az infra kamera az éjszakai felderítésen kívül azért lehet hasznos, mert a ponyvázott vagy zárt felépítményű gépjárművek belső teréről is információkat tud szolgáltatni. Az optikai zoom segítséget nyújthat a pontos azonosításban.

Veszélyeztetett határszakasz őrzés-védelme során hasonló követelmények jelennek meg, mint az előző esetben. Talán nagyobb az igény a folyamatos (24 órás) infra tartományú megfigyelésre. Az ilyen felderítést folytató mini UAV-k segítségével kiszűrhetőek és feltartóztathatóak az illegális határátlépők és az átsodródás-veszélyes fegyveres csoportok.

A katona vonatkozásában ez a feladat válságreagáló művelet keretében realizálódhat, de a határőröknek a mindennapi feladat végrehajtás során jelentős képességnövekedést eredményezhet egy ilyen eszköz használata.

A menetoszlopok biztosítását végrehajtó katonák képességeit is jelentősen növelheti egy elektro-optikai eszközzel felszerelt mini UAV. Ez felhasználható katonai, civil, vagy humanitárius gépjármű oszlopok menetbiztosítása közben a válság sújtotta övezetekben. Erre egy élő példa: az Irakban szolgáló magyar kontingens feladatát is nagyban megkönnyítené egy vagy több ilyen típusú eszköz alkalmazása.

A mini UAV-k kiküldhetőek az oszlopok elé, mögé, illetve oldal irányban. Ebben az esetben az oszloppal szinkronban haladva beprogramozott útvonal

⁸ A korszerű infrakamerák képesek néhány század Celsius-fokos hőmérséklet eltérést érzékelni. Ezen tulajdonságuk használható a szórt, illetve a telepített aknamezők felderítésénél, ugyanis a talaj és az akna bizonyos hőmérséklet-különbséget mutatnak egymáshoz képest.

alapján repülve folyamatos valós idejű videóképet tudnak lejuttatni a katonáknak. Így felderíthetőek az oszlopot fenyegető támadó szándékú kezdeményezések. Célszerű felszerelni a menetoszlop előtt repülő eszközt infra kamerával, hogy az útvonalon lévő aknákat felderítse. Az oszlopot biztosító mini UAV-k a környező területről közvetített kép segítségével figyelmeztetik a katonákat az előttük elhelyezett útzárakról, rombolt hidakról, ezáltal szükség esetén új útvonalterv készíthető.

A lakott vagy beépített területek felderítésére, vagy az itt folyó harctevékenység közvetlen felderítő támogatására célszerűbb, ha a katona mikro UAV-t alkalmaz, mert ez kisebb, és alacsonyabb magasságon (akár a házak között is) manőverezve értékes valós idejű adatokat szolgáltathat számára. A mikro UAV képes akár nagyobb épületekbe, hangárokba is berepülni. Ilyen jellegű feladat során nemcsak a képi, hanem az audio információk is fontosak lehetnek, ezért a feladattól függően ajánlott az eszközt audio érzékelőkkel is ellátni. Ebben az esetben a képi felderítés mellett lehallgatási feladatokra is alkalmas lesz az eszköz.

ÖSSZEGZÉS

A fentiekből kiderül, hogy a mikro és a mini pilóta nélküli repülő eszközök katonai alkalmazása igen sokrétű lehet. Az egyre csökkenő méretű és növekedő képességű eszközök használata elengedhetetlen a modern katonai műveletekben, mint ezt az afganisztáni és az iraki példák is igazolták.

Az egyéni felszerelésbe integrált mini vagy mikro UAV jelentősen megnöveli a katona túlélési esélyeit és a feladat végrehajtó képességét. Emberi élet kockáztatása nélkül lehet a kis méretű UAV-k segítségével értékes és valós idejű felderítési adatokat megszerezni, szükség esetén továbbítani.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Magyar Honvédség Összhaderőnemi Doktrína, HM, HVK, HCSF, Budapest, 2002.
- [2] Colonel William M. KNARR, Jr.: A Family of UAVs-Providing Integrated, Responsive Support to the Commander at Every Echelon
<http://www.fas.org/irp/agency/army/tradoc/usaic/mipb/1998-4/knarr.htm>
- [3] Dragon Eye UAV. <http://www.composites.sparta.com/uav.htm>
- [4] IMMEDIATE RELEASE, DARPA SELECTS MICRO AIR VEHICLE CONTRACTOR, December 12, 1997. http://www.defenselink.mil/news/Dec1997/b12121997_bt676-97.html
- [5] Joel M. GRASMEYER, Matthew T. KEENNON: Development of the Black Widow Micro Air Vehicle, <http://www.aerovironment.com/area-aircraft/prod-serv/bwidpap.pdf>
- [6] Omega Camera, <http://www.photonics.com/XQ/ASP/url.readprod/prodid.537/QX/readprod.htm>
- [7] SOMORÁCZ András, FODOR József: A csapatok tevékenységének osztályozása, Egyetemi jegyzet, ZMNE, Budapest, 2000.

- [8] Marton Csaba: A pilóta nélküli repülő eszközök alkalmazása elektronikai felderítési feladatokra, Repüléstudományi Közlemények XII. évfolyam 29. szám.
- [9] UNMANNED AREIAL VEHICLES ROADMAP 2000-2025
http://198.65.138.161/intell/library/reports/2001/uavr0401.htm#_Toc509971271
- [10] Kovács László: Az elektronikai felderítés korszerű eszközei, eljárásai és azok alkalmazhatósága a Magyar Honvédségben, Doktori (PhD) értekezés, Budapest, 2003.
- [11] An infrared microsensor payload for miniature unmanned areal vehicle,
http://216.122.164.101/PDF/SOIE/Aerosense_2003_UAV.pdf

ÉGITESTEK MOZGÁSA, ÉGI KOORDINÁTA- RENDSZEREK NAVIGÁCIÓS ÖSSZEFÜGGÉSEI

BEVEZETÉS

Napjaink navigációs módszerei és eljárásai között — ha érdemtelenül is — de mindinkább visszaszorulni látszik a csillagászati alkalmazások felhasználási aránya.

Talán ez azért történhet meg, mert nincs olyan alapfogalmakat bemutató és magyarázó összefoglaló dokumentum, mely pótolná ezt a hiányt.

Jelen publikáció valószínűleg segít az alapösszefüggések megismerésében, és egyben figyelemfelkeltő szerepet is betölthet az olvasóban.

ÉGITESTEK NAVIGÁCIÓS TRANSZFORMÁCIÓI

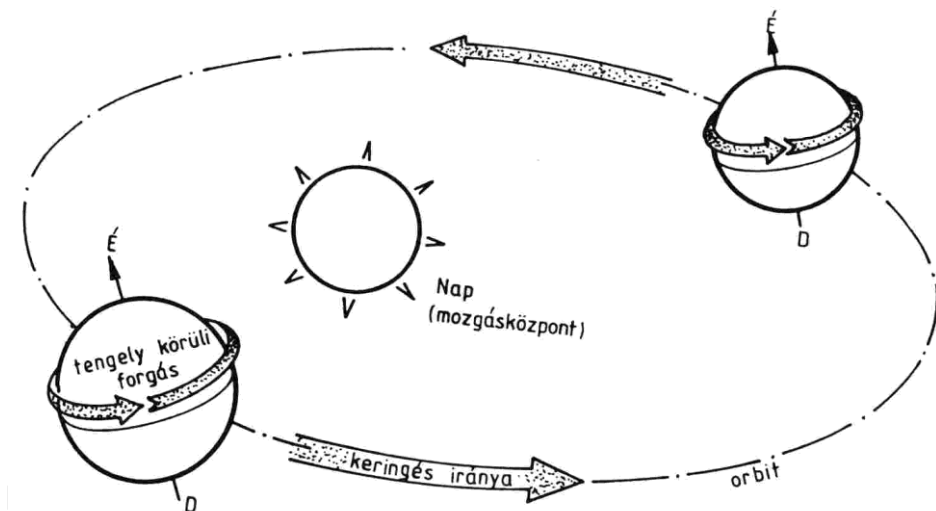
Az égitestek mozgása

A cím (és a cikk) megértéséhez röviden át kell tekintenünk az égitestek mozgását a Naprendszerben. Minden általunk ismert égitest mozgásban van, mivel maga a Föld is egyike ezeknek a mozgó testeknek, a többi égitest mozgása, amely a földi észlelő lát, látszólagos mozgás.

A naprendszer tagjainak mozgása

A csillagászatban az égitesteknek két fő mozgásfajtáját különböztetjük meg. Egyik az égitest saját *tengelykörüli forgása*, a másik a *keringés*, amely az égitestnek elliptikus pályán végzett mozgása egy *mozgásközéppontnak* nevezett másik égitest körül.

A holdak (és műholdak) mozgásközéppontja: egy bolygó. A bolygónak (köztük Földünknek is!) és a Naprendszer többi tagjainak mozgásközéppontja: a Nap. Az egész Naprendszert a Nap gravitációs vonzása tartja össze. Az egész rendszer, mint egység, a Galaktikánk mozgásközéppontja körül kering és a Galaktika is mozgást végez a szomszédos galaxisokhoz viszonyítva.



1. ábra. Égitestek mozgása

A bolygók mozgástörvényei

A bolygók mozgástörvényeit Kepler állapította meg, és mint Kepler-törvényei ismertek. Ezek a következők:

- A bolygók olyan ellipszis alakú pályán keringenek, amelyeknek egyik közös fókuszában van a Nap.
- A Nap és a bolygók közötti vezérsugarak (rádiuszvektorok) egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrolnak.
- Bármely két bolygó keringési idejének négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint azoknak a Naptól való középtávolságának köbei.

$$T_1^2 : T_2^2 = r_1^2 : r_2^3 \quad (1)$$

1687-ben Newton három mozgástörvényt állított fel, amelyeket a bolygókra nézve is érvényesnek tartott.

Newton mozgástörvényei

- I. Minden test megtartja nyugalmi helyzetét vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását, míg egy külső erő nem hat rá. (Tehetetlenség v. inercia)
- II. Ha a testre külső erő hat (P), akkor annak gyorsulása (a) egyenesen arányos a hatóerővel és fordítottan arányos a test tömegével (m), hányadosuk pedig a mozgatott rendszer tömegére jellemző állandó.

Az erő vektormennyiség, iránya megegyezik a gyorsulás irányával, vagyis a gyorsulás az erőhatás irányába következik be.

$$\frac{P}{a} = m = \text{állandó}$$

- III. Minden erőhatással szemben egyenlő nagyságú, de ellentétes irányú viselkedés működik. (akció = reakció).
- IV. Newton saját és Kepler törvényéből vezette le az általános tömegvonzás törvényét, mely szerint:

Az anyag minden részecskéje vonzó hatást gyakorol minden részecskére olyan erővel, amely egyenes arányos tömegük szorzatával és fordítva arányos a közöttük lévő távolság négyzetével. Ez a hatóerő a gravitáció.

A bolygók viszonylagos mozgása

Az égitest forgása és keringése lehet *szinódikus* vagy *sziderikus*. Szinódikusnak mondjuk a mozgást, ha azt a Naphoz és sziderikusnak, ha azt a csillagokhoz viszonyítjuk.

A *szinódikus forgás* tartalma alatt az égitest Naphoz viszonyítva egy teljes körülfordulást végez. A Földön ezt az időtartamot *látszólagos szoláris napnak* nevezzük.

Egy *sziderikus forgás* tartama alatt az égitest egy teljes körülfordulást a csillagokhoz viszonyítva végez.

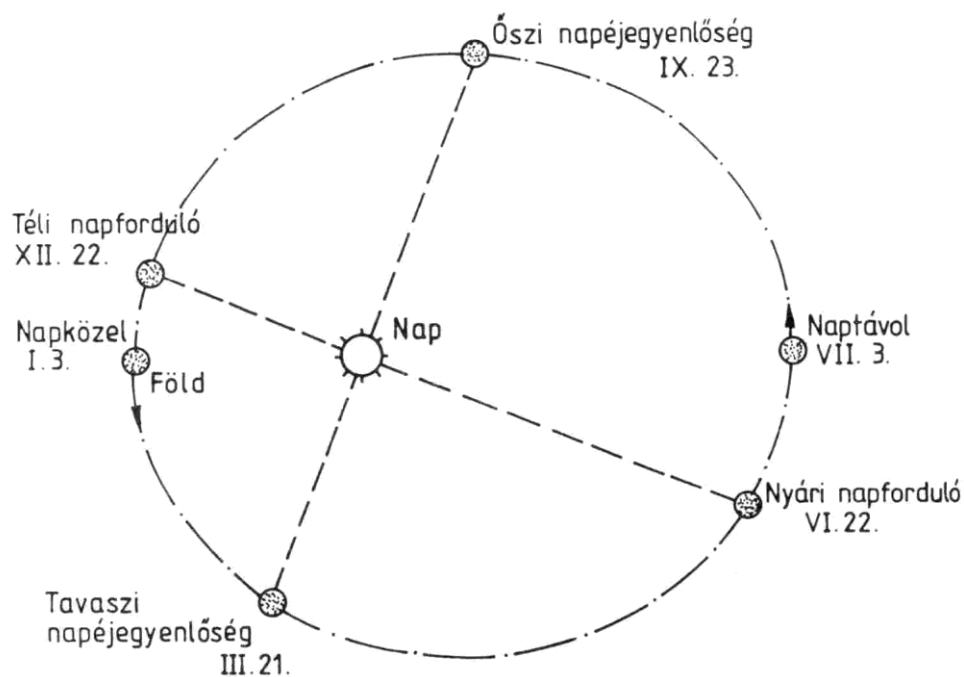
Egy *szinódikus keringés* tartama alatt a Földről nézve az égitest egy teljes pályát ír le a Naphoz viszonyítva. Így a Földnek magának nincs szinódikus keringési ideje.

Egy sziderikus keringés tartama alatt az égitest egy teljes keringést végez pályáján, a csillagokhoz viszonyítva. Az égitesten levő észlelő számára a *Nap látszólagosan körbe megy az égboltozaton*, a csillagokhoz viszonyítva. A Földön ez az időtartam egy év.

A bolygók pályájának Naphoz legközelebbi pontja a *perihélium* (napközeli) a legtávolabbi pedig az *afélium* (naptávolság) (2. ábra). A Holdnak és műholdaknak a Föld körüli pályájukon a Földhöz legközelebb eső pontja a *perigeum* (földközeli), a legtávolabbi pedig az *apogeum* (földtávolság).

A Föld mint bolygó

A többi bolygóval együtt a Föld saját tengelye körül forog és ellipszis alakú pályáján (orbiton) a Nap körül kering.



2. ábra. A Föld útja a Nap körül

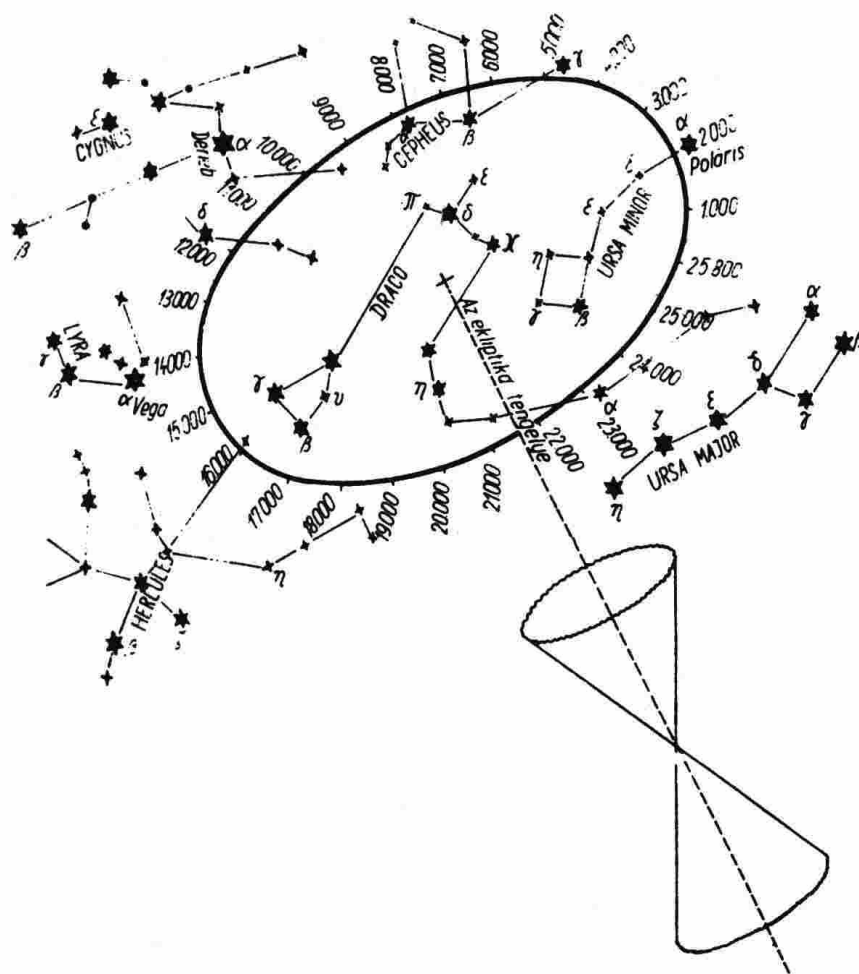
Ez a két főmozgás a forrása a többi égitest *látszólagos mozgásának* a Földről nézve.

A Föld két főmozgásán, a forgáson és keringésen kívül van még egy 25 800 éves periódusú mozgása. A Földtengely e periódus alatt egy kettőskúp alakú mozgást ír le és az égi pólusok változtatják helyüket a csillagokhoz képest. A földtengely e kettőskúp alakú mozgását *precesszió*nak nevezik.

Ezt a jelenséget a Nap és a Föld vonzóerejének kölcsönhatása okozza. (3. ábra) A Föld tengelye az orbit síkjával $66^{\circ} 33'$ -es szöget zár be. Ez a jelenség okozza az évszakváltozást.

Égi koordináta-rendszerek

Ahhoz, hogy az *égitestek látszólagos mozgását* megfigyelve helyzetüket regisztrálhassuk, miként a Földön, itt is a koordináta-rendszerre van szükségünk. Elképzelünk magunknak egy végtelen sugarú gömböt, melynek középpontjában a Föld áll. Az éggömb belső felületére rávetítve képzeljük az összes égitestet, melyeket így egyenlő távolságra levőnek tekintünk.



3. ábra. Az északi égi pólus vándorlása a precesszió következtében

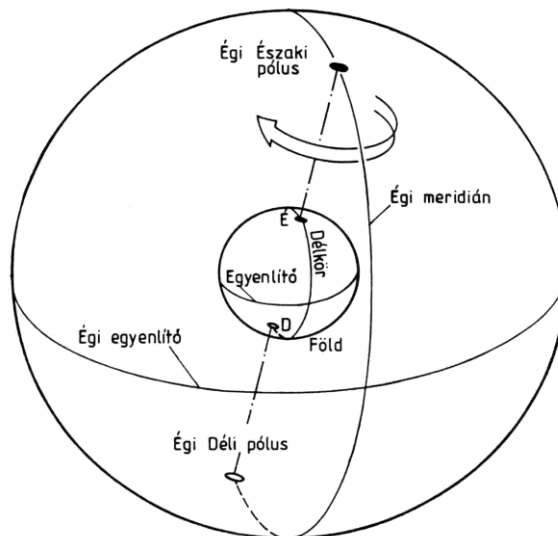
Az égi egyenlítői (Equatoriális) koordináta-rendszer

Ha a földrajzi koordináta-rendszert — képzeletben — a végtelenbe kiterjesztjük, kapjuk az éggömbön az égi egyenlítői koordináta-rendszert, melynek elemei a következők:

Égi pólusok: azok a pontok az éggömbön, ahol a meghosszabbított földtengely az égboltot dőfi.

Égi egyenlítő: az a legnagyobb gömbi kör (nagykör az éggömbön), amelyet a földi egyenlítő síkja alkot az éggömbbel.

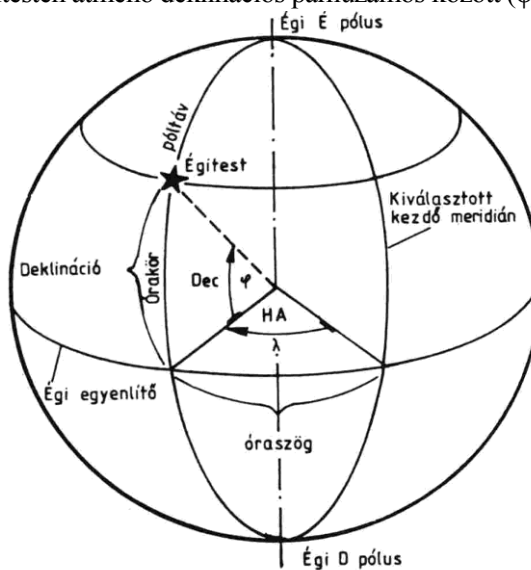
Égi meridiánok (órakörök): az éggömb azon nagykörei, melyek az égi pólusokon haladnak át.



4. ábra. Égi egyenlítői koordináta-rendszer

Deklinációs párhuzamosok: a szélességi köröknek megfelelő kiskörök az éggömbön, melyek síkja az égi egyenlítő síkjával párhuzamos. Az égi egyenlítő az éggömböt északi és déli félgömbre osztja.

Az égitest deklinációja: az a szög, amelyet az égitesthez húzott sugár az égi egyenlítő síkjával alkot, vagyis az égitesten áthaladó órákör ívhossza fokokban mérve az égi egyenlítő és az égitesten átmenő deklinációs párhuzamos között (φ) (5. ábra).

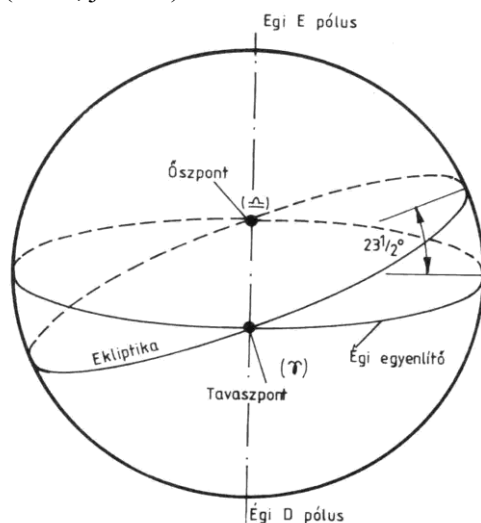


5. ábra. Az egyenlítői koordináta-rendszer elemei

A deklinációt az égi egyenlítőtől É-ra és D-re $90-90^\circ$ -ig mérjük. Ha az égitestet az északi égbolton figyeljük meg, akkor a deklináció előjele: +, ha a déli égbolton van: -. Az északi égi pólus jelen korunkban a Sarkcsillag (Ursae Minoris) közelében van.

Az órákörnek azt az ívét, amely az égi pólus és az égitest között van: *pólustávolságnak* (póltávnak) nevezzük.

Az a sík, amelyben a Föld a Nap körül kering: az *Ekliptika* síkja, amely az égi egyenlítő síkjával kb. $23,5^\circ$ -os szöget zár be (6. ábra). A két sík egy vonalban metszi egymást, melynek két végpontját Tavasz-pontnak (Aries, jele: γ), illetve Őszpontnak (Libra, jele: Ω) nevezzük.



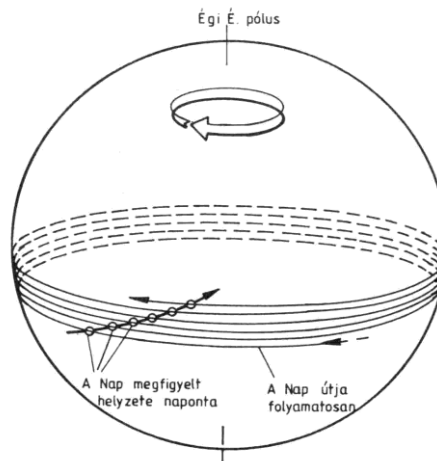
6. ábra. Az Ekliptika nevezetes pontjai

E pontok más néven a tavaszi, illetve őszi napéjegyenlőség (ekvinokcium) pontjai. Napéjegyenlőség idején (III.21. és IX. 23.) a *Nap látszólagos mozgása* (7. ábra) során az égi egyenlítő síkján halad keresztül.

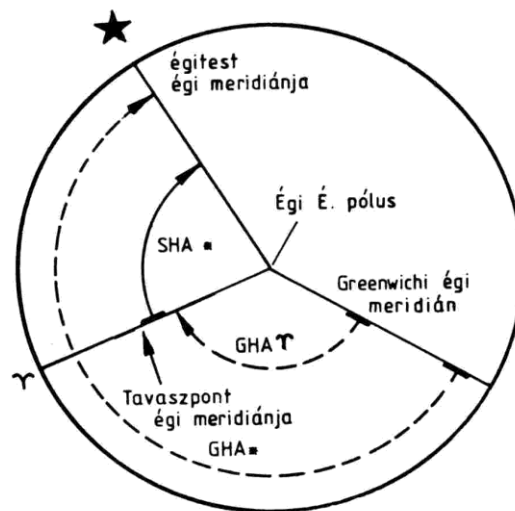
A Tavaszponton (Aries) átmenő órákört az égi egyenlítői koordináta-rendszerben kezdőkörnek használjuk, melytől Nyugat felé 360° -ig számítjuk a *csillagászati óraszöget* (SHA^1) (λ)

A csillagászati óraszög tehát hasonló a földi földrajzi hosszúsághoz azzal a különbséggel, hogy a hosszúságot Greenwich-től K-re és Ny-ra $180^\circ-180^\circ$ -ig mérjük. A csillagászati óraszöget a navigációs számításoknál használják. Az időt az égi egyenlítőn mérjük. A csillagászati óraszög tehát az égi egyenlítő ívdarabjának fokokban mért hossza, amely Tavaszponttól Nyugat felé a csillagon átmenő órákorig terjed.

¹ Sideral Hour Angle — csillagászati óraszög.



7. ábra. A Nap látszólagos mozgása



8. ábra. A csillagászati óraszög

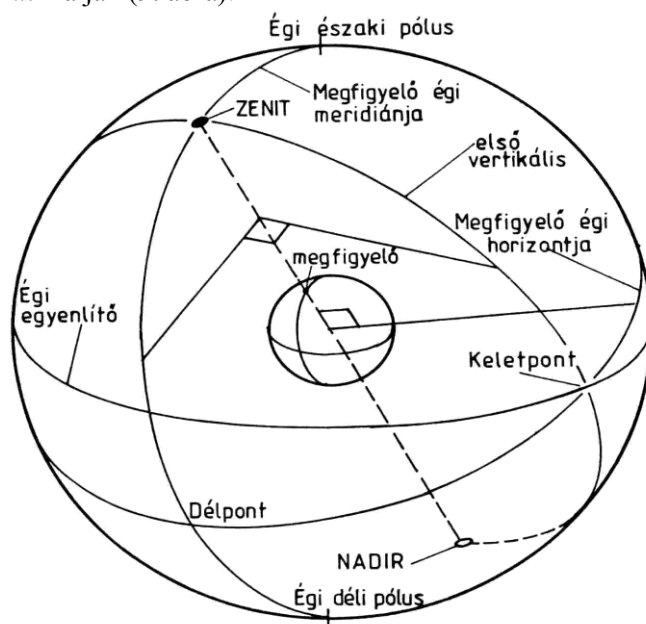
ahol: GHA : Greenwich Hour Angle — az égitest gr-i óraszöge;
 $GHA \gamma$: Greenwich Hour Angle γ — a Tavaszpont gr-i óraszöge.

A csillagászok praktikai okokból rendszerint az ún. *rektascenziót* használják (right ascension, RA, α), melyet a Tavaszponttól Keletre 0-24 óráig terjedő időegységekben mérnek az égi egyenlítőn. A rektascenzió és a csillagászati óraszög közötti összefüggés a következő:

$$\text{SHA} + \text{RA} = 360^\circ \quad \text{és} \quad \text{RA} = 360^\circ - \text{SHA}$$

A deklináció és a rektascenzió független az észlelés helyétől. Ezek a koordináták határozzák meg az égitest helyét az éggömbön.

Az égi egyenlítői rendszer azonban nem alkalmas arra, hogy az égitesteket az *észlelőhöz viszonyítva* határozzuk meg az égbolton. Erre a célra az ún. horizontális rendszert használják (9. ábra).



9. ábra. Horizontális égi koordináta-rendszer

A horizontális égi koordináta-rendszer

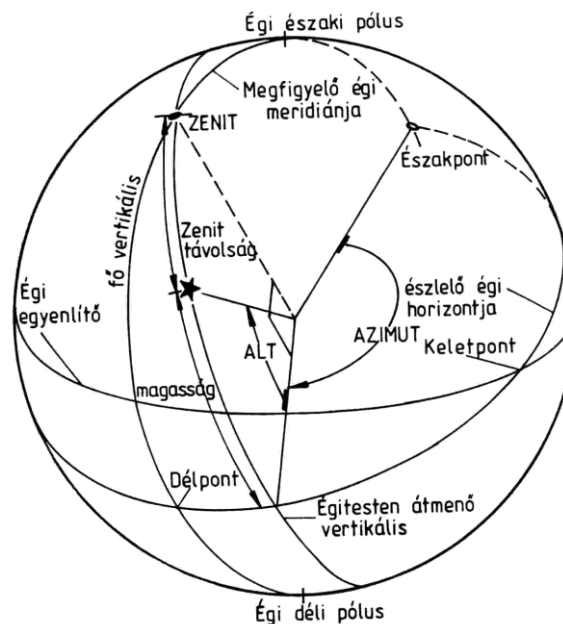
Ha észlelési helyünk függőlegesét (vertikálisát) meghosszabbítjuk, amíg az éggömböt dőfi, fejtünk a *Zenit* (Z), ezzel ellentétesen (alattunk) a *Nadir* (Na) pontot kapjuk.

Azt a legnagyobb gömbi kört, melynek síkja a Föld középpontján megy keresztül és a gravitáció által meghatározott *Zenit* és *Nadir* pontokat összekötő egyenes vonalra merőleges, *valódi horizontnak* nevezzük.

A Zenit-Nadir vonalra és a valódi horizont síkjára épül a horizontális égi koordináta-rendszer.

Ebben a koordináta-rendszerben a *horizont* az égi egyenlítőnek megfelelő kezdő főkör. A rendszer *pólusai*: a Zenit és Nadir pontok.

A horizont síkjával párhuzamos köröket az égbolton *magassági köröknek* vagy *magassági párhuzamosoknak* (almucantar) nevezzük.



10. ábra. A horizontális égi koordináta-rendszer elemei

Az égi délkörök (órákörök) megfelelője a valódi horizont síkjára merőleges és a Zenit és Nadir pontokon átmenő legnagyobb gömbi körök, melyeket *vertikális köröknek* vagy *vertikálisoknak* nevezzük.

Az égitesteknek a horizont feletti szögtávolsága: a *magasság*. Valamely égitest magasságának nevezzük azt a szöget, amelyet az égitesthez húzott sugár a horizont síkjával alkot, illetve azt a vertikális körívet, melyet a csillag magassági köre a horizont síkjával bezár. A vertikálisnak azt az ívdarabját, amely a Zenittől az égitestig terjed *zenittávolságnak* nevezzük. A horizont Kelet és Nyugat pontján átmenő nagykör az ún. *első vertikális*. A horizont Észak és Dél pontján átmenő vertikális a *fővertikális kör*.

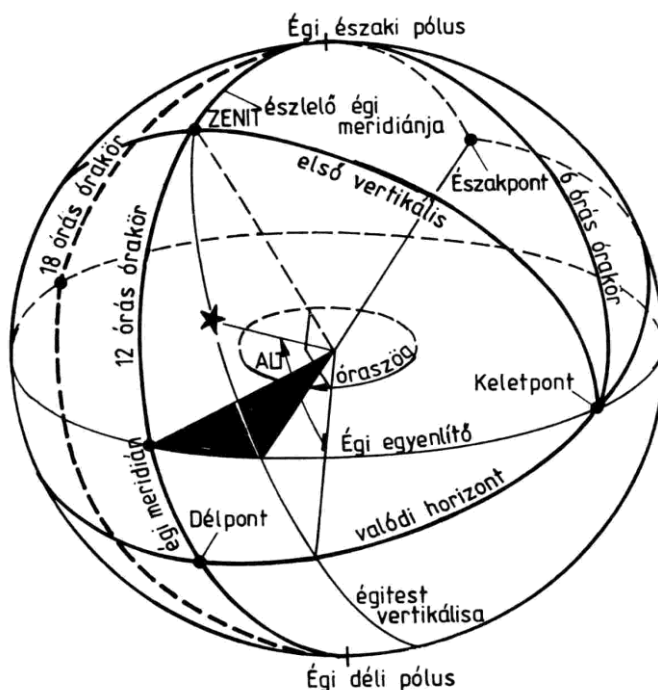
Az *azimut* (ω) a fő vertikális kör és az égitesten átmenő vertikális közötti szögtávolság, a vízszintes síkban mérve. Az azimutot mint iránylatot az óramutató járásával egyező irányba 1° – 360° -ig mérjük.

A horizontális rendszert a csillagászati navigációnál alkalmazzák. Az időméréshez az ún. *egyesített koordináta-rendszert* használjuk.

Az egyesített égi koordináta-rendszer

Az egyesített koordináta-rendszerben az *égi meridián* az a legnagyobb gömbi kör, amely az égi egyenlítői és a horizontális rendszert mintegy egybefoglalja. Az égi meridián áthalad az égi sarkokon, az Zenit és a Nadir pontokon és az

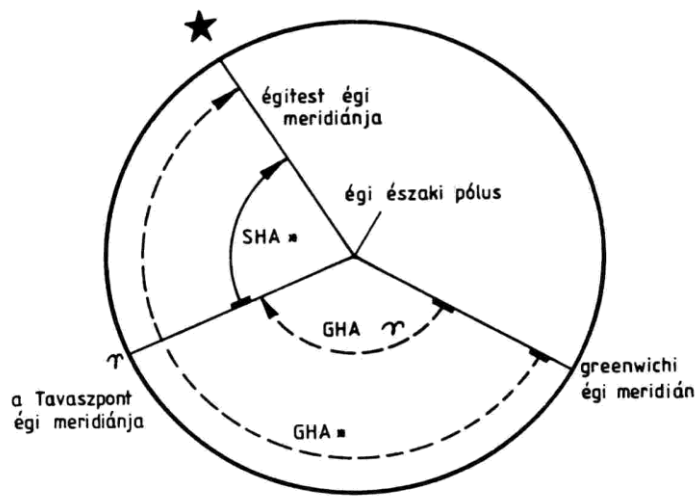
észlelő Észak és Dél pontján, a valódi horizontot az Észak és Dél pontokban metszi. Azt a vertikálisan, amelynek síkje merőleges az égi meridián síkjára és áthalad a Kelet és Nyugat pontokon, *első vertikálisnak* nevezzük (11. ábra).



11. ábra. Az egyesített égi koordináta-rendszer

Az É és D pontokon áthaladó kezdő *égi meridián* felső íve egyben a 12 órás órákör, alsó íve pedig a 0 órás vagy 24 órás órákör. Azt az órákört pedig, amelynek síkje merőleges az égi meridián síkjára (vagyis a 12/24 órás órákörökre) és átmegy a Kelet, illetve Nyugat pontokon, 6 órás órákörnek, illetve 18 órás órákörnek nevezzük. A Kelet és Nyugat pontokban metszik egymást a valódi horizont, az égi egyenlítő, az első vertikális és a 6/18 órás órákör, melyeknek síkjai mind merőlegesek az égi meridián síkjára (Geometriai tétel: Egy legnagyobb gömbi kör síkjára merőleges főkörök egy pontban metszik egymást)

Az *óraszög* (HA), az a szög, amelyet az észlelő égi meridiánjának síkje az égitesten átmenő órákör síkjával alkot. Az óraszög függ az égi meridiántól és mivel ez a Föld minden pontjára más (az észlelés helyétől függ), így az óraszög sem független az észlelés helyétől. Tehát a Föld más-más pontján ugyanannak az égitestnek más az óraszöge ugyanabban az időpontban. Ezzel szemben a *csillagászati óraszög*, illetve rektascenzió független az észlelő helyétől és ugyanabban az időpontban a Föld minden pontján ugyanaz (12. ábra).



12. ábra. Az óraszög és a csillagászati óraszög

Tehát amíg a csillagászati óraszög, illetve a rektascenzió az égi egyenlítőn a Tavaszponttól (Aeries) mért abszolút hosszúságnak, addig az óraszög az észlelési hellyel változó viszonylagos hosszúságnak felel meg. Ezért az időt leggyakrabban nem a Tavaszpont órákörétől, hanem egy földrajzi hely meridiánjától számítjuk.

Ahogy az éggömb látszólag forog, minden égitest körülbelül egy nap alatt a meridián ívét egyszer metszi. Ezt *meridián metszésnek*, *kulminációnak* vagy *delelésnek* nevezzük.

Attól függően, hogy az időt az greenwichi vagy a helyi meridiánra vonatkoztatjuk, beszélünk *greenwichi óraszögről* (GHA^2) vagy *helyi óraszögről* (LHA^3). Ha az időt a helyi meridiántól Keletre és Nyugatra 180° -ig mérjük, akkor a meridiánszög (Meridian Angle) vagy egyszerűen óraszög (HA^4) a neve.

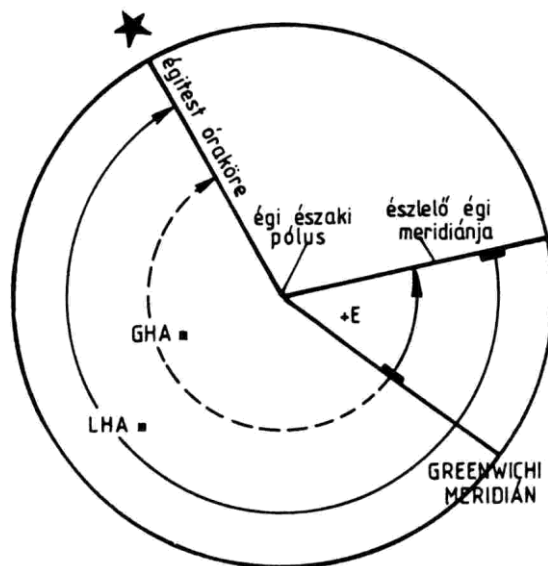
Greenwichi óraszög: az égi egyenlítő ívhossza az égi greenwichi meridián és a égitest óráköre között. A greenwichi óraszöget az égi egyenlítőn mérjük a greenwichi égi meridiántól Nyugatra, fokokban és percekben.

Helyi óraszög: az égi egyenlítő ívhossza az észlelő égi meridiánja és az égitesten áthaladó órákör között. Az az égi meridián az észlelő délköre felett marad (vagyis az észlelővel együtt vesz részt a földforgásban) és nem vesz részt az égbolt napi látszólagos mozgásában.

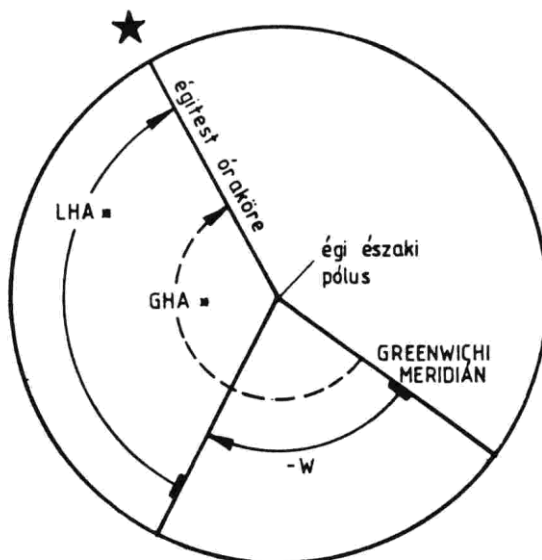
² Greenwich Hour Angle — Greenwichi óraszög.

³ Local Hour Angle — Helyi óraszög.

⁴ Hour Angle — óraszög.



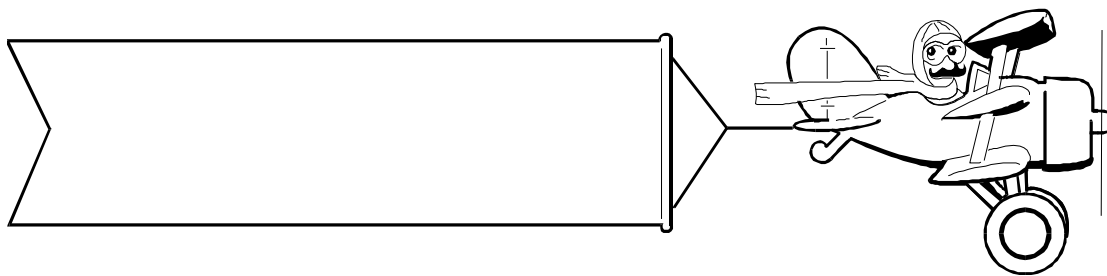
ÉSZLELŐ A KELETI FÉLTEKÉN



14. ábra. Összefüggés a greenwichi és a helyi óraszögek között

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Jeppesen Airway Manual Volume 1. Jeppesen GmbH Neu-Isenburg (Germany), 1996 p.EE-51.
- [2] TÓTH JÁNOS: Légi navigáció I. LRI Repülésoktatási Központ Budapest, 1992.
- [3] DR. MOYS PÉTER: Légi navigáció Tankönyvkiadó Vállalat Dabas, 1990 munkaszám: 90-0597.



KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI ROVAT

Rovatvezető: Dr. Rohács József
Rovatszerkesztők: Dr. Szabó László
Kovács József

FEDÉLZETI INERCIÁLIS ADATGYŰJTŐ RENDSZER ALKALMAZÁSA PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉPEKBEN

BEVEZETÉS

Magyarországon megszűnt a nagyoroszi (Drégelypalánk) lőtér, a térségben található egyetlen, légvédelmi rakétás éleslövészetre alkalmas hely. Így egyre kisebb szerepet kapnak a modellrepülőgépek a légvédelmi gyakorlatokon, mivel fő szerepüket — lelőhető céltárgy — elvesztették. Az Aero-Target Bt szembe-sült a tényekkel, így valószínűleg a fejlesztések és szolgáltatások iránya is a polgári, készenléti szolgálatok felé tolódik. Ezért egy univerzális irányító rendszer fejlesztését tűztük ki célul, melynek illesztése, hangolása az egyes repülőgép típusainkhoz hosszadalmas és nehézkes. A heurisztikus módszerrel történő hangolás kiváltására, első lépésként meg kell határozni a repülőgép, mint szabályozott szakasz matematikai modelljét! Ehhez szükségünk van egy olyan adatgyűjtő rendszerre, amely a repülőgép térbeli viselkedését és a bemeneti gerjesztő jelet rögzíti az idő függvényében. A repülőgép matematikai modelljének meghatározásához szükségünk van:

- az irányított szakasz bemeneti jelére (kormányfelület szögkitérés);
- az irányított szakasz kimeneti jelére (a repülőgép térbeli helyzete, szögelfordulás);
- a repülőgép térbeli gyorsulása;
- a repülőgép tengelyei körüli elfordulásra.

A megtervezésre kerülő adatgyűjtő egység az adatok utólagos kiértékelésével kalibráltan fogja a fenti adathalmazt szolgáltatni.

AZ ADATGYŰJTŐ EGYSÉG BEMUTATÁSA

A feladat

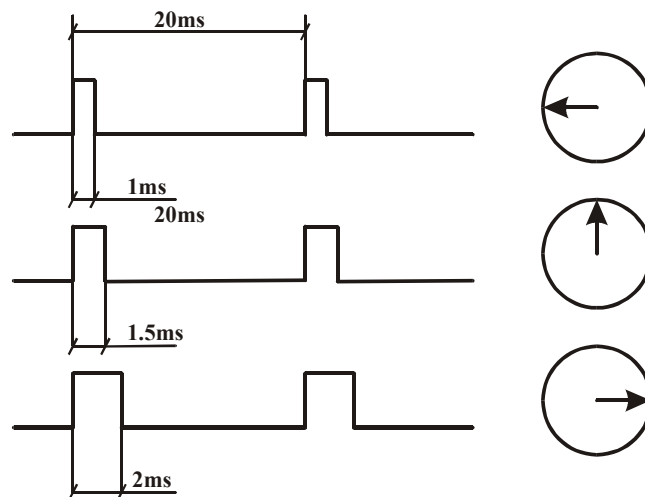
A feladat a repülőgép fedélzetén gyűjtött adatok egyszerű, hordozható adattároló eszközön való rögzítése, amely PC segítségével könnyen kiértékelhető, a szükséges adatok utófeldolgozás után kinyerhetőek. Az adatgyűjtőben nem szükséges az adatok matematikai feldolgozása, az a leszállás után a földön, nyugodt körülményben történik.

mények közt történhet. Az adatgyűjtő legalább 1 órányi mérési adatokat tudjon tárolni, a tápfeszültség megszűnte után is. Legyen egyszerűen kezelhető, a telepítése, felhasználása ne igényeljen különleges tudást, ezen kívül álljon ellen a repülőgép erős mechanikai rezgéseinek. Külső rádiófrekvenciás zavarvédelme legyen megfelelő. Kis fogyasztással, alkalmazhatónak kell lennie akkumulátoros üzemben.

Legelőször az adatgyűjtőben alkalmazott elektromechanikus szenzorok kerülnek ismertetésre a cikk következő részében.

Mechanikus modell szervók

Alacsony költségű vagy modellezők által gyártott pilóta nélküli repülőgépekbe általában kereskedelmi modell szervókat építenek, mivel nagy előnyük az olcsóság, sokrétűség, változatos méret, nyomaték és kivitel. Esetünkben a kormányfelületek kitérítést a szervók végzik így képezve integrált beavatkozó szervet. A gép átviteli függvényének meghatározásához a kormányfelületek szögkitérését szükséges mérni. Az adott bemeneti PWM¹ jelhez tartozó szögkitérést a szervó típusától, tápfeszültségtől, visszatérítő erőtol függően változó időn belül éri el, ezért kell a pillanatnyi szögkitérést mérnünk.



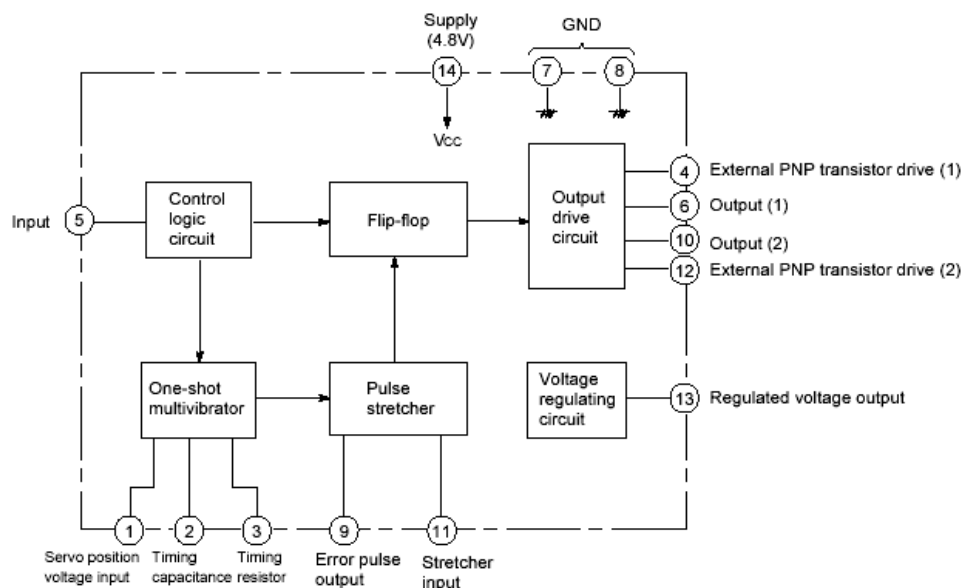
1. ábra. Modell szervó vezérlő jel

A modell szervók egy saját szabályzóval rendelkeznek, a szabványos bemeneti PWM parancs jelnek megfelelően a tengelyüket lineárisan arányos szöggel

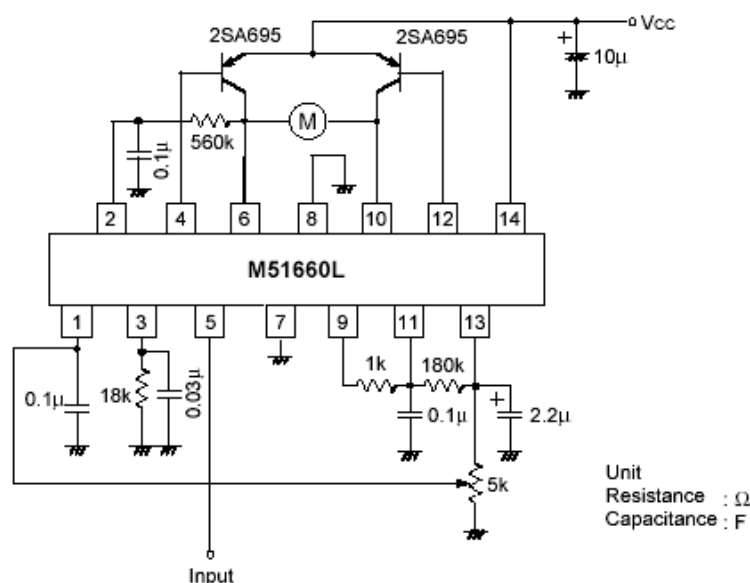
¹ Pulse Width Modulated – Impulzus szélesség modulált

fordítják el. A belső felépítésüket a szabályzó áramkör blokkvázlata alapján érthetjük meg. Többféle integrált áramkört is gyártanak modell szervókhoz, de működési elvük azonos.

Példaként a Mitsubishi gyártmányú M51660L áramkör került kiragadásra. A kormányfelület szöghelyzetének mérése szempontjából, az elfordulást érzékelő potenciométer áramköri szerepe érdekes. A szabályzó a tengellyel mechanikus kapcsolatban lévő potenciométeren lévő feszültséggel arányos szélességű impulzust állít elő. Ez az impulzus kerül összehasonlításra a bemenő parancsjel impulzusszélességével, ha keskenyebb, akkor a motorvezérlő a különbségi impulzust ad a motorra, míg el nem éri a bemenő jel impulzus szélességét. Ha szélesebb, akkor ellenkező polaritású különbségi impulzus kerül a motor bemenetére, míg a tengely a megfelelő pozícióba kerül. A szabályzó áramkör 3,5 V és 7 V közt működő képes, a névleges tápfeszültség 4,8 V. A szögelfordulás jeladó potenciométer, szélső kivezetésére névlegesen 2,45 V-os stabilizált feszültség kerül az IC belső stabilizátorából.



2. ábra M51660L szervó vezérlő integrált áramkör belső felépítése [1]



3. ábra. Modell szervo áramköri felépítése

Így az elfordulással lineárisan arányos 0 V-tól 2,45 V-ig terjedő feszültséget kapunk. Ahhoz, hogy a szögelfordulást tudjuk mérni, a modell szervókat módosítani szükséges, a potenciométer csúszkáját valamint a szervo elektromos földpontját ki kell vezetni. Egy összetett kis méretű repülőgépen általában 8 szervo elégséges, legfeljebb Y kábellel párhuzamosítva vannak. Ez esetben elhanyagolható hibával feltételezhetjük, a kormányfelületek egyszerre mozognak, tehát 8 mérőbemenet elégséges, a szögkitérésének méréséhez. A preparált szervókat célszerű a modellezők által használt gyorscsatlakozókkal ellátni. A mérő áramkör bemenetén célszerű egy aluláteresztő szűrőt alkalmazni, csökkentve a zajt és növelve a zavarvédelmet. A terhelő kapacitása a potenciométer kimenetén nem okoz gondot, mert az időzítő elemei a szabályzónak máshol találhatóak, a csúszka egy feszültség bemenetre csatlakozik. A mérőáramkör bemeneti ellenállását célszerű 100 kΩ-os nagyságrendben megválasztani.

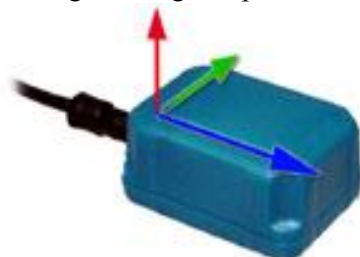
XSENS inerciális navigációs egység jellemzői

Az XSENS MT9 modult valós idejű, nagy pontosságú térbeli iránymeghatározásra fejlesztették. Ez a modul nem igényel semmilyen külső jelet, takarásmentes kilátást az irány meghatározásához, ezen felül elhanyagolható a mért jelek hőmérséklet függése. Az MT9 igen kis méretű, kompakt egység mely alkalmas mozgáskövetésre például a következő alkalmazásokban:

- mozgáselemzés;

- rehabilitáció;
- ergonómia;
- virtuális valóság;
- sportok;
- inerciális navigáció;
- gépjárműkövetés;
- hajó- és bója navigáció;
- robotika;
- UAV navigáció.

Az MT9-es modul egy digitális mérőegység, amely a 3D-s gyorsulás, mágneses térerősség vektort, és szögsebességet képes mérni.



4. ábra. XSENS MT9 egység

A modul MEMS szenzorokat tartalmaz, a szögelfordulás mérő Analog Devices gyártmányú MEMS² giroszkópok adataiból a gyors elfordulás követhető, az ugyancsak Analog Devices gyártmányú gyorsulásmérők és a föld mágneses terét érzékelő mágneses szenzorok biztosítják az abszolút irány referenciát, így használatuk csökkenti a giroszkópok integrális hibáját.

XSENS MT9 iránymérési jellemzői 1. táblázat

Dinamika tartomány	minden térbeli szög
Szögfelbontás	0,05°
Sztatikus pontosság	<1°
Dinamikus pontosság	3° RMS
Bekapcsolási idő	50 ms
Mintavételi frekvencia	100 Hz

A fenti táblázatból látható, hogy a modul szögfelbontása és pontossága kiváló, alkalmassá teszi inerciális navigációs rendszerben való alkalmazásra. A modul alkalmazása során a következő előnyöket biztosítja:

- alacsony fogyasztás;
- kiváló nullpont stabilitás;

² Micro Electromechanical Sensor

- ráláthatóság nélküli működés;
- gyors, valós idejű működés;
- kompakt, kis méret, széles felhasználhatóság;
- emberi mozgáskövetésre tervezett;
- digitális szenzor rendszer;
- könnyű integrálhatóság bármely rendszerbe.

XSENS MT9 modul fizikai jellemzői 2. táblázat

Interfész	Soros digitális, RS232C
Tápfeszültség	5,5 V
Áramfelvétel	40 mA
Működési hőmérséklet tartomány	5 °C - 45 °C
Fizikai méretek	39 x 54 x 28 mm
Tömeg	40 g

A fenti táblázatban jól szemlélteti a szenzor fizikai méreteit, ez alapján be-látható, hogy kisebb pilótánélküli repülőgép is könnyen hordozhatja a modult

XSENS MT9 abszolút határadatai 3. táblázat

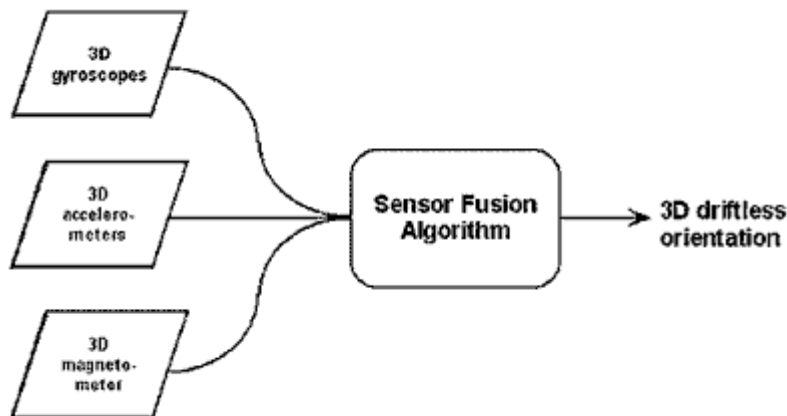
Ütés	5000 m/s ²
Tápfeszültség	-0,3 V – 12 V
Működési / Tárolási hőmérséklet	-5 °C – +60 °C

Alkalmazás során ügyelni kell, hogy az abszolút határadatokat semmilyen körülmények közt sem szabad túllépni, különösen a maximális gyorsulás értéket és a tápfeszültség nagyságát. A modult csak stabilizált tápegységről szabad működtetni valamint rugalmas felfüggesztést és habszivacs ágyat kell alkalmazni a repülőgépbe való rögzítés során, így csökkentve a károsodás esélyét landoláskor.

XSENS modul szenzor specifikációja 4. táblázat

		<i>Szögsebesség</i>	<i>Gyorsulás</i>	<i>Mágneses mező</i>	<i>Hőmérséklet</i>
<i>Egység</i>		°/s	m/s ²	mGauss	°C
<i>Dimenzió</i>		3	3	3	-
<i>Méréstartomány</i>	Egység	±900	±20	±750	-55...+125
<i>Linearitás</i>	%	1	0,2	1	<1
<i>Nullpont stabilitás</i>	Egység/°C	15	0,02		
<i>Skálatényező stabilitás</i>	%/°C	0.3	0,02	0,5	-
<i>Zaj</i>	RMS	0.7	0,01	4,5	0,0625
<i>Sávszélesség</i>	Hz	50	10	10	

A fenti táblázat szerint követhetőek a modulban helyet foglaló szenzorok elektromechanikus paraméterei, azok stabilitási adatai.

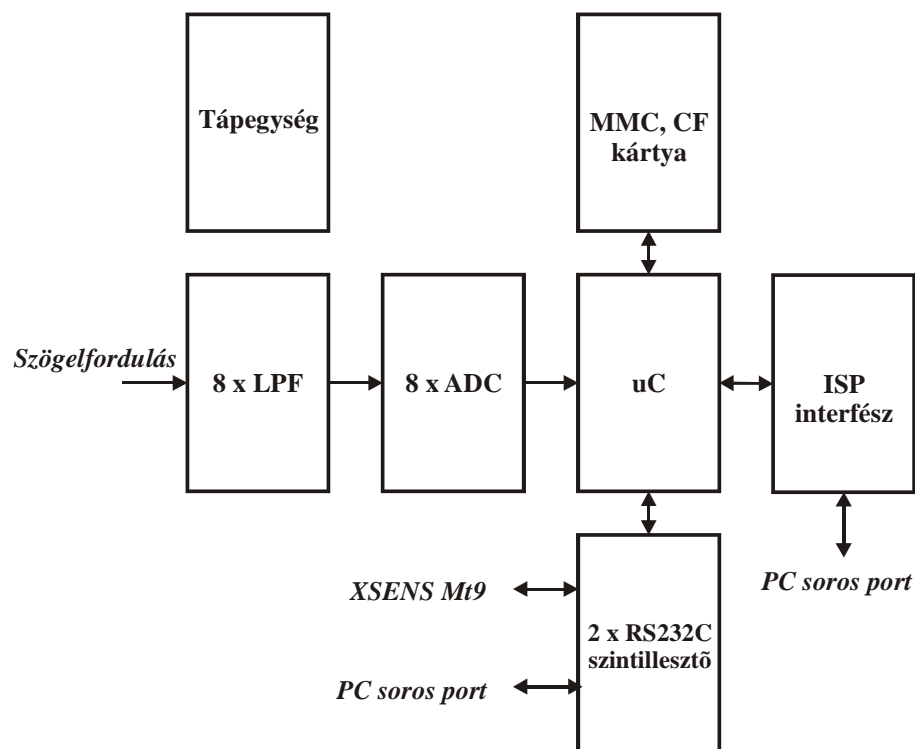


5. ábra. Szenzor fúziós algoritmus

A modul a soros portján keresztül a nyers szenzor adatokat küldi a kívül felé. A modul PC-hez vagy egyéb számítógéphez csatlakoztatva, egy külső Motion Tracker nevű program dolgozza fel a kalibrálatlan adatokat. A gyári kalibrációs fájl segítségével, a szenzor fúziós algoritmussal 3D-s quaternion / Euler szögelfordulási adatok, 3D-s gyorsulási, 3D-s szögsebességi és 3D-s mágneses adatok nyerhetők valós időben a modulból. A program képes előzőleg rögzített nyers szenzor adatok feldolgozására is. A szenzor fúziós algoritmus megvalósítása PC-n a legegyszerűbb, a gyári függvény könyvtárakkal, de költséghatékonyabb mikro-vezérlővel a nyers szenzor adatokat rögzíteni, és utána kiértékelni a PC-s programmal. Ezzel a megoldással egyéb adatok is rögzíthetők [2].

Az inerciális adatgyűjtő rendszer

Az adatgyűjtő egység egy ATMEL ATMEGA128-as processzorra épül, ami vezérli a MT9-es modult és kiolvassa soros porton keresztül 115 200 Bd/s-os sebességgel, másodpercenként 100-szor az inerciális adatokat. Az egység nyolc darab tízbités analóg-digitális átalakítót tartalmaz belső referenciával, mindegyik bemeneten aluláteresztő szűrő és túlfeszültség védő áramkör kombinációjával. E bemenetekre csatlakoznak az átalakított szervók, mint szögelfordulás jeladók a 0 V és 2,5 V közti kimeneti feszültségükkel. A szervók csatlakozására szabványos modellező gyorscsatlakozókat kerülnek alkalmazásra.



6. ábra Az adatgyűjtő rendszer blokkvázlata

Az adatokhoz a mikro-vezérlő belső rendszeridejéből képzett időbéllyeg kerül hozzárendelésre. A mikro-vezérlő természetesen kvarc stabil időalappal rendelkezik. Az adatokat mentése a digitális fényképezőgépekben alkalmazott néhány MByte-os kapacitású MMC³ vagy CF⁴ kártyára történik FAT 16-os PC kompatibilis fájl rendszerben. Az adatok egyszerű USB⁵ portra köthető kártyaolvasóval vagy az adatgyűjtő soros portján keresztül PC-re menthetőek. Az egység második portja ezen kívül beállítási funkciókat is szolgál. A berendezés széles bemeneti feszültségtartományú kapcsolóüzemű tápegységet tartalmaz, lehetővé téve az akkumulátoros üzemet.

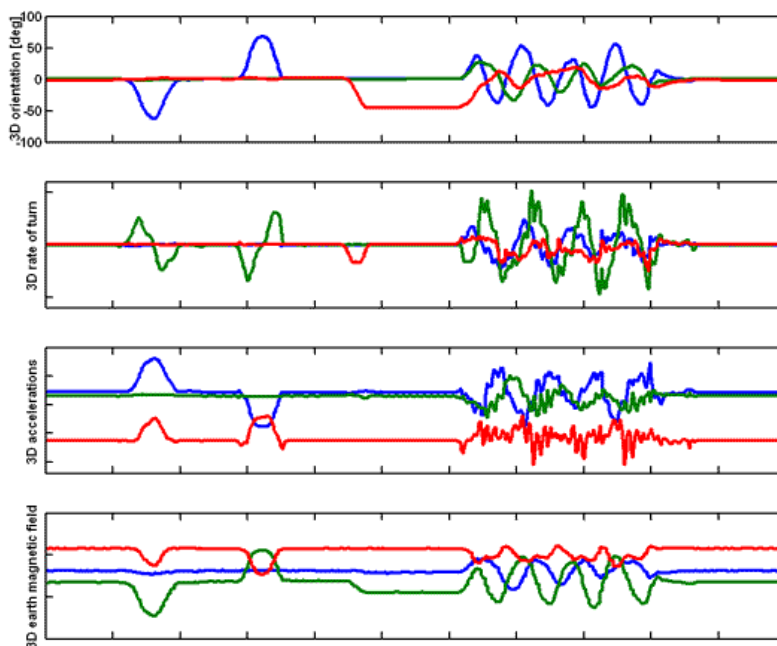
Várható eredmények

A berendezést egy berepült és stabilan működő repülőgépre lesz elhelyezve, a számunkra érdekes és a robot által használt kormányfelületek szervoinak jeleit gyűjtve.

³ Multimedia Card – Multimédia Kártya

⁴ Compact Flash Card – Kompakt Flash Kártya.

⁵ Universal Serial Bus – Univerzális Soros Busz



5. ábra. Minta irány, gyorsulás, elfordulás, mágneses tér időfüggvények [3]

Az adatgyűjtő és az inerciális szenzor fizikailag elkülönült egységet képez, de a repülőgépben egy jó mechanikus rezgéscsillapítású habanyagból készült bölcsőben fekszenek. A repülőgép irányítása normál modellezők által használt távirányítóval történik az Aero-Target Bt pilótája által. A pilóta egy kormányfelületet, például az oldalkormányt adott előre meghatározott szöggel kitéríti, az adatgyűjtő eközben a repülő és a kormánysszervek viselkedését rögzíti. Az adatok PC-n történő feldolgozása után a fenti ábrához hasonló térbeli irány, gyorsulás, elfordulás, mágneses tér időfüggvények sorokat fogunk kapni. Ezek és az adott kormányfelület kitérés időfüggvénye alapján a repülőgép identifikációja elvégezhető.

ÖSSZEGZÉS

Az ismertetésre került adatgyűjtő kifejlesztése és alkalmazása esetén, lehetővé teszi a pilótánélküli repülőgépek gyors identifikációját, így meggyorsítva a megfelelő minőségi paraméterekkel rendelkező szabályzó tervezését a tesztelt géphez. Az Aero-Target Bt sokrétű pilóta nélküli repülőgép parkkal rendelkezik, ezért nagy segítséget jelent ez a módszer a repülőgép fedélzeti szabályzóinak

behangolásához. A szimuláció eredményeképpen nyert szabályzó minőségi paramétereinek ellenőrzéséhez is kiváló eszköz az inerciális adatgyűjtő. Az ellenőrzés során, ha a szabályzó nem felel meg az előre lefektetett specifikációnak, akkor a matematikai modell pontosításával és új szabályzó tervezésével, elérhetjük a kívánt eredményt. Tehát nélkülözhetetlen eszköz UAV-k fedélzeti szabályzó rendszereinek tervezéséhez, behangolásához.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Mitsubishi, M51660L, Servo Motor Control For Radio Control, Datasheet.
- [2] Xsens, MT9 and MT6 Technical Documentation, February 21, 2003.
- [3] www.xsens.com, 2004-07-05 19:46

A MINI ÉS A MIKRÓ PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉPEK

BEVEZETÉS

A világpolitikai változásoknak és az új biztonságpolitikai kihívásoknak megfelelően a hadseregek szerepköreiben és feladatrendszerében is változások mutatkoznak. A XXI. század hadseregeinek várható feladatai között egyre nagyobb szerepet kap a terrorizmus (terrorista csoportok) elleni tevékenység és a regionális konfliktusok megelőzése, kezelése. Ezek a tevékenységek eddig ismeretlen feladatokat rónak a hadseregekre és a katonákra. Ezen új feladatok függvényében kerülnek átalakításra a különböző hadseregek.

A megváltozott kihívásoknak csak a képességalapú haderők tudnak megfelelni. A katonáknak a legmagasabb szintű képzést biztosítják, és hozzájuk rendelik a csúcstechnológiát, így a katona sokkal nagyobb feladat-végrehajtó képességgel fog rendelkezni.

Az amerikai hadsereg modernizációs programjának keretén belül 2020-ig létrehozza hibrid alakulatait. Ezek humán és robot összetevőkből fognak állni. A hibrid haderőkben (hadseregben) megjelennek a szárazföldi, légi, vízi, víz alatti és űrrobotok, amelyek képesek lesznek logisztikai, felderítési és csapásmérési feladatok végrehajtására.

Ezzel párhuzamosan kifejlesztésre és rendszerbe állításra kerülnek a hálózatos katonák (net soldiers), amelyek harctéri öltözetükben személyi számítógép hálózattal fognak rendelkezni. Ezek a katonák a saját kiszolgáló és támogatató robotjaikkal szerves részét képezik a számítógép hálózatra alapozott hadműveleti és harci vezetési rendszernek (Net Command and Control) [12].

A XXI. században elengedhetetlen a minél gyorsabb információáramlás megvalósítása, hiszen mára az információ az egyik legfontosabb fegyverré vált. A harctevékenységek sikere egyre nagyobb mértékben épül az információ meghatározó szerepére. A nagy ütemű technikai fejlődés lehetővé teszi, hogy egyre szélesebb körben jelenjenek meg a különböző méretű és típusú robotok, és egyre tágabb feladatkört vegyenek át a katonáktól.

Mindezeknek megfelelően a katonákat segítő robotok egy csoportjával, a mini és a mikró pilóta nélküli repülőgépekkel kívánok foglalkozni. Ezeknek az eszközöknek mindinkább meghatározó szerepük van a kis alegység és az egyes harcos támogatása során, a valós idejű felderítési adatok gyűjtésében és továbbításában.

A PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐ ESZKÖZÖK

A pilóta nélküli repülőgépek (UAV¹) az általuk biztosított információkon keresztül segítik a katonai vezetőket a hatékony irányításban, a katonát a gyors és pontos feladat végrehajtásban, és ezzel párhuzamosan nagymértékben növelik a túlélőképességét és a védelmét. Továbbá az UAV-k által kiváltott csapások hozzájárulhatnak a hadműveletek sikeréhez.

Előnyük többek között, hogy olcsóbbak és kisebbek, mint a hagyományos repülőgépek, és megsemmisülésük esetén nem kell számolni a pilóta halálával.

Az UAV alkalmazási lehetősége széles skálán mozog. Vannak olyan funkciók, amelyekkel már hadművelleti területen sikeresen vizsgáztak, mint például az optikai felderítés és a felderítési adatok eljuttatása az adatfeldolgozó központba és a végrehajtó katonákhoz. Mások még tesztelési fázisban vannak, de hamarosan ezek is éles helyzetben alkalmazásra kerülnek.

A pilóta nélküli repülőgépek által végrehajtható feladatok rendszere [1]:

— támadó feladatok:

- átjátszó állomásként történő üzemeltetés;
- elektronikai megtevesztés;
- röplapok kiszórása;
- célok lézerrel történő megvilágítása;
- digitális térképekhez adatok gyűjtése.

— harci feladatok:

- csapásmérés;
- rádió és rádiólokációs zavarás;
- érzékelők és egyszeri felhasználású zavaróadók a meghatározott területre történő kijuttatása.

— felderítési feladatok:

- elektro-optikai felvételek készítése éjjel és nappal;
- rádió és rádiótechnikai felderítés;
- rádiólokációs mozgó-, és állócélfelderítés;
- vegyi és sugár felderítés.

Lehet osztályozni az UAV-ket a hatótávolságuk és a repülési idejük alapján is.

Az Amerikai Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma így a következő kategóriákat alakította ki [2].

— *manőverező pilóta nélküli eszközök*: hatótávolságuk nem nagyobb, mint 50 km és maximum 3 órás időtartamot tudnak egyhuzamban a levegőben tölteni.

¹ UAV: Unmanned Air Vehicle — Pilóta nélküli repülő eszköz.

- *egyesített harcászati pilóta nélküli repülőgépek*: hatótávolságuk nem nagyobb, mint 200 km és 8-10 órát tudnak a légtérben tölteni.
- *többcélú hadműveleti pilóta nélküli repülőgépek*: hatótávolságuk 800 km és 24 órás folyamatos repülésre képesek.

Más megfogalmazásban az első a közeli, a második a rövid távú, a harmadik a nagy távolságú UAV-k csoportja.

Tehát a pilóta nélküli repülők alkalmazási területeit többféleképpen lehet csoportosítani. Én a legmarkánsabb különbséget abban látom, hogy léteznek csapásmérési képességgel rendelkező és egyéb feladat végrehajtására alkalmas UAV-k.

A továbbiakban a manőverező pilóta nélküli eszközök egy csoportjával kívánok foglalkozni, amelyek sokkal precízebb feladat végrehajtást biztosítanak a jövő katonái részére. Ezek az eszközök a mini- és a mikro UAV-k.

Ez a két kategória az, amely közvetlenül segíti a kis alegységek és az egyes harcosok tevékenységét a hadműveleti területen, hiszen ezeket az eszközöket a katonák magukkal tudják vinni a bevetésekre.

A fejlett külföldi haderők már rendelkeznek különböző ilyen eszközökkel. Néhányat közülük be is mutatok. Rávilágítva ezzel, milyen új lehetőségeket nyit meg a katona számára a korszerű kis méretű UAV-k alkalmazása.

A MINI PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐ ESZKÖZÖK

A technikai fejlődés a 80-as évekre elért arra a szintre, hogy a különböző kutató laboratóriumok és alkotó műhelyek létrehozhattak olyan pilóta nélküli repülő eszközöket, amelyek már egy-két méter nagyságrendűek voltak, és egy-két ember tudta kezelni ezeket. Ezen eredményekre alapozva valós igényként jelenített meg az UAV-k azon kategóriája, amelyet a kis létszámú katonai alegységek bevetéseik során magukkal tudnak vinni.

Követelményként jelent meg e kategóriába tartozó eszközökkel szemben (például):

- mérete és súlya ne igényeljen külön hordozó járművet;
- férjen el egy katona által viselt hátizsákban;
- könnyen és gyorsan összeszerelhető legyen akár harctéri körülmények között is;
- indítása, irányítása ne igényeljen két katonánál többet;
- a repülő által szolgáltatott információk jelenjenek meg valós időben a kezelő katonánál;
- könnyen irányítható legyen.

A felmerülő igényeknek és megfogalmazott követelményeknek megfelelően a DARPA² elindított egy kutató-fejlesztő programot, amelynek célja a mini pilóta nélküli repülőgéprendszerek kifejlesztése és gyártása volt.

² DARPA: Defence Advanced Research Project Agency — Védelmi Fejlett Kutatások Intézete.

A DARPA által meghirdetett program a következő követelményeket állította a mini UAV-k kifejlesztői elé [3]:

- a repülő eszköz legalább egy-két óra hosszát a levegőben tudjon üzemelni egyfolytában;
- a hatótávolsága legalább 20-25 km legyen;
- a repülő eszköz szárnyfesztávja ne haladja meg az 1,3 m-t;
- a súlya kevesebb legyen, mint 11 kg;
- elférjen a katona hátizsákjában;
- biztosítson közel valós idejű adatátvitelt.

Ennek a programnak megfelelően indult el a mini UAV-k fejlesztése a 80-as években.

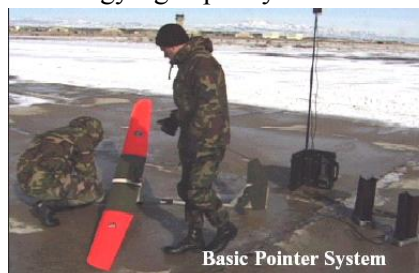
Az ilyen vagy ehhez közeli paraméterekkel rendelkező UAV-k csoportja lett az úgynevezett „mini” vagy „backpack³” UAV. A következőkben ismerkedjünk meg két mini UAV-vel!

A POINTER típusú pilóta nélküli repülőgép

Ezt az elektromos meghajtású eszközt eredetileg kis alegységek számára, felderítési feladatok ellátására fejlesztették ki a 80-as évek közepén. Az amerikai hadseregben történt rendszerbeállítása óta több mint 50 éles bevetésen bizonyította fontos szerepét a speciális alegységek felderítési adatokkal történő ellátása területén. Jó példa erre az Öböl háború. Napjainkban az európai hadszíntéren is jelen van ez az UAV a SOCEUR⁴ alárendeltségében.

A rendszerbeállítás óta a folyamatos korszerűsítések hatására a repülőgép képes megfigyelési és lehallgatási feladatok végrehajtására is.

A POINTER FQM-151A pilóta nélküli repülő rendszer két egységből áll (1. ábra). A földi és a légi egységből, amely három, a katona által könnyen hordozható konténerbe van máházva. Az első konténerben a szétszedhető repülőgép, a másodikban a payload (hasznos teher), az akkumulátorok és a töltőberendezés, a harmadikban a földi egység kap helyet.



1. ábra. A POINTER FQM-151A rendszer elemei [4]

³ backpack — hátizsák.

⁴ SOCEUR: Special Operations Command Europe — Különleges Műveletek Európai Parancsnoksága.

Ismerkedjünk meg a POINTER UAV néhány olyan tulajdonságával, amely alkalmassá teszi ezt az eszközt a katonai missziókban való részvételre!

Ezek a következők:

- a repülőgép repülés közben csendes, furge és nem feltűnő;
- a kezelő biztonságos távolságból tud felderítési adatokat begyűjteni az ellenségről vagy a kívánt terepről;
- a repülő és a hozzá tartozó egységek könnyűek;
- kézből indítható és szinte bármilyen talajra képes leszállni;
- a rendszer üzemeltetése egyszerű, csak minimális felkészülést igényel az üzemeltető részéről;
- kicsi a fenntartási, kiszolgálási és energia igénye;
- a repülőgép képes automata üzemmódban repülni, de irányítható a földi egységen (GCU⁵) keresztül is.

Az automata üzemmódban történő repülés előre beprogramozott koordináták alapján, a repülőgépen elhelyezett GPS⁶ vevő segítségével történik.

A POINTER-re az alábbi payload-ok szerelhetők a küldetés céljának megfelelően:

- légi szonda (Ez a szonda a légszennyezés mérésére és a levegőben lévő környezetszennyező anyagok kimutatására szolgál);
- vegyi fegyvert érzékelő szonda;
- fel nem robbant lövedékek detektálására alkalmas egység;
- GPS vevő;
- éjszakai (hő vagy infra) kamera.



2. ábra. A POINTER UAV

A POINTER UAV fontosabb technikai adatai [4]:

- teljesítményadatok:
 - repülési időtartam: 1,5 óra;
 - repülési sebesség: 29-80 km/h;
 - járőrözési hatósugár: 8 km;

⁵ Ground Control Unit — földi irányító egység.

⁶ Global Positioning System — globális helymeghatározó rendszer.

- a repülő adatai:
 - szárnyfesztáv: 2,7 m;
 - a törzs hossza: 1,8 m;
 - teljes tömeg: 3,6 kg;
 - akkumulátor tömege: 1 kg;
 - hasznos terhelés: 0,9 kg.

A DRAGON EYE típusú pilóta nélküli repülőgép

Ezt az eszközt a Naval Research Laboratory⁷ (NRL) és a Marine Corps Warfighting Laboratory⁸ (MCWL) közösen fejlesztette ki az amerikai tengerészgyalogság kis alegységei részére. Fő feladata: szakasz kötelék érdekében valós idejű felderítési adatok szolgáltatása. Jól alkalmazható mind a terepen, mind pedig a városban vívott harctevékenységek során. A valós idejű felderítési adatok szolgáltatásával nagy segítséget nyújt a parancsnoknak a célpontok kiválasztásában, hiszen meg tudja adni az ellenséges katonák, harceszközök pontos helyzetét. Ezzel fokozza a saját katonák túlélőképességét is.

A felderítési feladat mellett a DRAGON EYE támogathatja a katonákat az őrzésvédelmi és objektum oltalmazási feladatok ellátásában is. Hiszen az adott objektum feletti folyamatos cirkálás közben valós idejű videó képet tud lejuttatni a parancsnoknak vagy a kezelőnek. Az afganisztáni misszióban több alkalommal vetett be ilyen eszközt az amerikai tengerészgyalogság a kabuli követségi épületük védelme érdekében [5].



3. ábra. A DRAGON EYE [6]

A DRAGON EYE egy könnyű, elektromos meghajtású, rövid hatótávolságú pilóta nélküli repülő eszköz, amely öt részegységre szedhető és így elfér egy tengerészgyalogos hátizsákjában. Az eszköz kezelése egy embert igényel. Az összeszerelés után kézből indítható. A repülő halk motorja és kis mérete miatt

⁷ Naval Research Laboratory — Haditengerészeti Kutató Laboratórium.

⁸ Marine Corps Warfighting Laboratory — Tengerészgyalogság Harcászati Laboratóriuma.

nehezen felderíthető. Irányítható a földi egységen keresztül, de képes beprogramozott adatok alapján automata üzemmódú repülésre is, GPS vevő segítségével.

A DRAGON EYE UAV fontosabb technikai adata [7]:

- teljesítményadatok:
 - repülési időtartam: 1 óra;
 - maximális repülési sebesség: 70 km/h;
 - járőrözési hatósugár: 5 km;
- a repülő adatai:
 - szárnyfesztség: 1,1 m;
 - a törzs hossza: 0,9 m;
 - teljes tömeg: 2,2 kg.

A vezeték nélküli videó kapcsolat hatótávolsága maximum 10 km. Az UAV rendelkezik színes nappali, kis fényigényű- és infra kamerával.

A MIKRÓ PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐ ESZKÖZÖK

A mikro pilóta nélküli repülő eszközök kategóriába tartozó repülőeszközök megalkotására csak az 1990-es évek közepétől kerülhetett sor, hiszen ekkorra ért el a számítástechnika, a távérzékelés és a repüléstudomány arra a fejlettségi szintre, hogy 10-20 cm-es nagyságrendűre szorítsa a méreteket.

A DARPA (Defence Advanced Research Project Agency) 1997-ben egy programot indított be, amelynek célja a pilóta nélküli repülő eszközök miniatürizálása volt. Követelményként jelentek meg az eszközökkel szemben, többek között [8]:

- a könnyű irányíthatóság;
- a kis energiaigény;
- a vegyi és biológiai érzékelőkkel való ellátottság;
- a valós idejű videojel eljuttatása a kezelő földi egységéhez 10 km-es körzeten belül;
- a nagysága nem haladhatja meg a 15,2×15,2 cm-t;
- repülési sebessége minimálisan 50 km/h legyen;
- folyamatos repülési időtartama 20-120 perc legyen.

E program keretein belüli fejlesztések eredményeként létrejöttek a tenyérynyi méretű mikro pilóta nélküli repülő eszközök (Micro Air Vehicle — MAV). Ez a kategória új dimenziót nyitott, hiszen a méreténél fogva alkalmas arra, hogy a feladatát egyénileg végrehajtó katona érdekében hajtson végre felderítést. A MAV részét képezheti a katona egyéni felszerelésének, beilleszkeszhető a digitalizált katona eszközzrendszerébe a jövőben.

A MAV rendszer két alrendszerből tevődik össze. A légi alrendszerből (a repülőgép és a különböző hasznos terhek), és a földi alrendszerből (az irányító egység, a képfeldolgozó és megjelenítő egység).

Az Intelligent Automation Inc. kifejlesztett és megépített egy MAV rendszert, amelynek légi egységét egy 15 cm-es, 90 g-os mikro pilóta nélküli repülőgép alkotja (4. ábra.).

Az eszköz fel van szerelve automata irányítórendszerrel, videó kamerával és rádió adóvevővel.



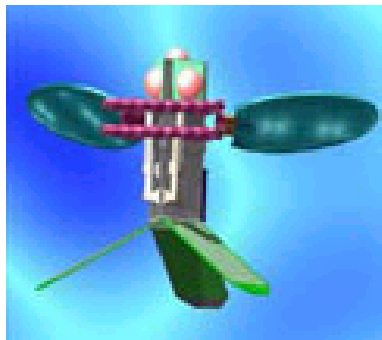
4. ábra. Mikro pilóta nélküli repülőgép [9]

A földi egység magában foglal egy számítógép alapú képfeldolgozó rendszert (megjelenítő panellel), joystikot a manuális irányításhoz és rádió adóvevőt.

Ez a MAV eldobással indítható, képes repülni automata üzemmódban előre megadott koordináta pontok alapján, vagy kézi irányítással.

Automata üzemmódban egy terület vagy objektum felett cirkálva, folyamatos megfigyelést tesz lehetővé. A repülőgép maximális sebessége 148 km/h, ezzel a sebességgel 20 percig tud repülni, utazósebessége 45-75 km/h, ilyen sebességtartományban egy órán át képes folyamatos repülésre.

A MAV-ok továbbfejlesztési irányvonalai között szerepel egy olyan elképzelés is, hogy a jövő mikro repülő eszközeit a rovarok mintájára kell megalkotni. Egy ilyen szemléletű kutatócsoportot vezet Ron Fearing a Kalifornia Egyetemen. A kutatócsoport (reményeik szerint) 3-4 éven belül képes lesz előállítani egy légy méretű repülő robotot. (5. ábra.)



5. ábra. A „repülő robot” [10]

Egy ilyen „rovar” nagy segítsége lehetne a katonának, hiszen méreténél fogva olyan helyekre tudna bejutni, ahová más felderítő robot nem. Például fel tudná deríteni a szellőzőrendszereket, a csatornákat, a szűk barlangokat, de segítséget nyújthatna a romok között rekedtek felkutatásában is.

ÖSSZEGZÉS

Megállapítható, hogy a mini és a mikro UAV-k jelentősége folyamatosan nő a hadműveletek során. Az egyre kisebb méretű és nagyobb tudású eszközök igazi társukká válnak a katonának, ezeket magukkal viszik a bevetésekre, ahol mintegy saját felderítő egységet, előre küldenek a veszélyeztetett terület fölé. Ahonnan az UAV-k valós idejű videó jelet juttatnak el a kiküldő katona személyi kijelző paneljére vagy laptopjára. Így a katonák biztonságos terepszakasról, védve beláthatnak az ellenséges területekre vagy az építmények mögé, felderíthetik az ellenség katonáinak és technikai eszközeinek elhelyezkedését.

A tapasztalatok azt igazolják, hogy korszerű haditevékenység napjainkban nem képzelhető el ilyen precíz, valós idejű felderítési adatokat szolgáltatató pilóta nélküli repülő eszközök nélkül.

Mindezeknek megfelelően szükségesnek mondható a mini és mikro UAV-k beszerzése és rendszeresítése a Magyar Honvédségen belül is. Nem feltétlenül jelent ez drága, külföldi eszközök beszerzését, hiszen itthon is léteznek már saját fejlesztésű és gyártású mini pilóta nélküli repülőgépek. Példaként hozható fel az AERO-TARGET Bt. hiszen több, különböző méretű mini UAV-t alkotott már meg, amelyek ígéretesnek tűnnek katonai célú alkalmazásokra is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Marton Csaba: A pilóta nélküli repülő eszközök alkalmazása elektronikai felderítési feladatokra. Repüléstudományi Közlemények XII. évfolyam 29. szám.
- [2] FM 34-25-2 Unmanned Aerial Vehicles Headquarters, Department of the Army, Washington D.C., 1998.
- [3] Colonel William M. Knarr, Jr.: A Family of UAVs-Providing Integrated, Responsive Support to the Commander at Every Echelon
<http://www.fas.org/irp/agency/army/tradoc/usaic/mipb/1998-4/knarr.htm>
- [4] POINTRE FQM-151A Unmanned Air Vehicle (UAV) System
<http://www.aerovironment.com/area-aircraft/prod-serv/ptrdes.pdf>
- [5] AR news: Marine Corps Plans To Deploy Dragon Eye UAV To Protect Kabul Embassy,
<http://www.acq-ref.navy.mil/longnews.cfm?newsitem=102>
- [6] Dragon Eye UAV. <http://www.composites.sparta.com/uav.htm>
- [7] Dragon Eye Unmanned Aerial Vehicle
<http://www.jfcom.mil/about/experiments/mc02/concepts/drageye.htm>
- [8] IMMEDIATE RELEASE, DARPA SELECTS MICRO AIR VEHICLE CONTRACTOR, December 12, 1997. http://www.defenselink.mil/news/Dec1997/b12121997_bt676-97.html

- [9] Intelligent Automation Inc., Micro-Unmanned Air Vehicle (MUAV)
<http://www.i-a-i.com/view.asp?type=view&PassageID=26&SubID=4&TopicID=1>
- [10] Mason Booth, Winged Robot Could Be Potential Disaster Tool Posted on Mon, 28 Oct 2002 22:06:02 GMT
<http://www.disasterrelief.org/Disasters/021023robotfly/>
- [11] Gobal Security Org., Dragon Eye <http://www.globalsecurity.org/intell/systems/dragon-eye.htm>
- [12] Dr. Várhegyi István: Humán és robot erőkből álló, hibridhadseregek megjelenése. Témát bevezető tanulmány, Elhangzott: Hadtudományi társaság Elektronikai - Informatikai szakosztály ülésén, 2002. 11. 01.
- [13] Dragon fly http://www.aerotechnews.com/starc/2002/100402/dragon_fly.html
- [14] Marton Csaba: Légi felderítés robotokkal. Hadtudományi tájékoztató, Budapest, 2001/6. szám.
- [15] UNMANNED AREIAL VEHICLES ROADMAP 2000-2025
http://198.65.138.161/intell/library/reports/2001/uavr0401.htm#_Toc509971271

PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐ ESZKÖZÖK

Az 1971. évi. 25. törvényerejű rendelet „Egyezmény a Nemzetközi Polgári Repülés-ről” 8. cikkelye szerint: Pilóta nélküli légi jármű (UAV¹), olyan légi jármű, amely pilóta nélküli repülésre alkalmas, a Szerződő Államok területe fölött pilóta nélkül az illető Állam külön engedélyével és az engedély feltételeinek megfelelően repülhet.

Az UAV-kat felfoghatjuk úgy, mint vezető nélküli, és többször felhasználható motoros légi járműveket, melyek táv-, fél-autonóm-, autonóm- vagy kombinált vezérlésűek és képesek különböző típusú hasznos terhek hordozására, melyekkel speciális feladatokat hajtanak végre a föld légkörén belül vagy azon kívül meghatározott ideig.

AZ UAV-K FELHASZNÁLÁSÁNAK NÉHÁNY TÖRTÉNELMI PÉLDÁJA

A pilótanélküli repülő eszközök fejlesztése a múlt század elején kezdődött el. Az amerikai hadsereg 1917 óta érdeklődik a pilóta nélküli légi járművek iránt (Sperry/Curtiss N-9), a Szovjetunióban az 1920-as években kezdődtek meg a kutatások egy a távolból irányítható repülőgéppel kapcsolatban. A Lavorkin által tervezett „Burya” volt a legnagyobb pilóta nélküli repülő eszköz, amit a Szovjetunióban építettek. Ez a 97 tonnás robotrepülőgép 18–20 000 m magasan 3500km/h sebességgel repült és 1957. szeptember 1.-én lőtték fel először.

Németországban a második világháborúban a Mistel program (1943–45) keretében úgynevezett „apa-fia” megoldásokkal kísérleteztek a titkos peenemündei Luftwaffe légi bázison. Egy JU-88 szállított egy Bf109-est.

Az USA, 1965 és 1975 között a vietnámi háborúban, közel 3,500 bevetést hajtott végre pilóta nélküli repülőgépekkel. A lakott települések, repülőterek, vasutak, hidak előzetes ellenőrző légi, valamint rádiótechnikai felderítésre, a rádiólokátor állomások zavarására, figyelemelterelő és megtévesztő tevékenységre alkalmazták az UAV-kat. Megoldatlan technikai probléma volt a felderítési információk reális időben történő átadása a felhasználóknak.

Az 1982-es libanoni invázió során az izraeli hadvezetés is használta az UAV-kat. Az egyszerű felépítésű Mastiff és Scout kisméretű UAV-kkal behatoltak a

¹ UAV — Unmanned Aerial Vehicle

veszélyes Bekaa-völgybe, televíziós és fényképező berendezésekkel felderítési adatokat biztosítottak a szír légvédelmi rakétarendszerről, majd elektronikus jeleket sugároztak ki, melyek megegyeztek az izraeli harcászati repülőgépek fedélzeti lokátorainak a jeleivel. A megtévesztő jelek hatására a szírek aktivizálták a légvédelmi rakétakomplexumok felderítő lokátorait. Az izraeli UAV-k felderítették és egy E-2 Hawkeye repülőgép segítségével továbbították a szír lokátorok települési helyét és sugárzási iránykarakteristikáját. Közvetlenül az izraeli repülőcsapások előtt a célokat televíziós kamerával felszerelt UAV-kről pontosították úgy, hogy a felderítő adás gyakorlatilag a valós időnek megfelelő „élőképet” mutatta az objektumokról. Ezek után az izraeli harci gépek megkezdtek „támadó tevékenységüket. Ezalatt az UAV-k tovább folytatták a felderítést, felmérték a károkat, és figyelemmel kísérték a szíriai csapatok mozgását. Ki kell emelni, hogy mekkora lehetőséghez jutottak a parancsnok azáltal, hogy az ellenségről és a harcmezőről valós idejű felderítési információhoz jutottak. Ez megkönnyítette a tevékenység megtervezését, és annak vezetését.

Az Öböl-háború (1991) idején az USA hat Pioneer-rendszert telepített az Arab-öbölbe és Szaud Arábiába közel 40 db repülőeszközzel. A Pioneerokat felderítő feladatok ellátására vetették be. Az egységek feladata volt figyelni az iraki hajók mozgását, az aknatelepítő hajókat és felderíteni a tengeri aknákat. Célmegjelöléshez információt szolgáltatni a hajófedélzeti és szárazföldi ágyúk számára, felderíteni a partraszállási lehetőségeket a különleges rendeltetésű erők számára, továbbá valós idejű felderítési adatokat szolgáltatni a harci repülőgépeknek és harctéri megfigyelő és felderítő feladatokat ellátni. Az útvonal-felderítés új koncepcióját dolgozták ki az Apache helikopterek számára, amelyek vezetői megfigyelhették a Pioneer-ekről érkező valós idejű képet, majd követték ugyanazt az útvonalat, de már ismerve a terepet és a célokat, amelyekkel szembe fognak találkozni.

Az Öböl háborút követően az USA Légi Felderítési Hivatala nagyarányú fejlesztési programokat indított el. Ezek közül a legismertebb a hadműveleti felderítési feladatok ellátása kifejlesztett "Predator" típusú eszköz, amely a délszláv konfliktus idején képes volt a felderítési zónába való kikerkezés után valósidejű képi információt szolgáltatni az összefegyvernemi parancsnokok részére.

A pilóta nélküli harci repülőgépek (UCAV = Unmanned Combat Aerial Vehicle) új korszaka azzal a kísérleti lövészzel kezdődött el 2001 tavaszán, amikor egy „Predator” kódnevű hadműveleti felderítési feladatok ellátása kifejlesztett és használt pilóta nélküli repülőgépre egy Hellfire páncéltörő rakétát szereltek. A „Predator” kivezették a célkörzetbe, ahol az megkereste, felderítette, majd azonosította a célpontul kijelölt harcokcsit, és semmisítette fedélzeti páncéltörő rakétájával. Ezzel a kísérlettel bebizonyították, hogy a pilóta nélküli repülőeszközöket át lehet alakítani pilóta nélküli harci repülőgépekké.

A PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉPEK IRÁNYÍTÁSI RENDSZERE

A pilóta nélküli repülő eszköz rendszer alapvetően földi alrendszerből, híradó alrendszerből és a légi alrendszerből áll.

A földi alrendszer biztosítja a repülő eszköz indítását, a légi alrendszer repülési útvonalának és feladatának megtervezését, repülésének irányítását, a légi alrendszertől beérkező adatok feldolgozását, kiértékelését és jelentését, valamint a repülő eszköz karbantartását.

A földi alrendszer elemei:

- földi irányító állomás;
- indító, leszállító berendezés;
- szállító konténer.

A földi irányító állomás tartalmazza mindazon berendezéseket, amelyek a repülési feladat végrehajtásához, illetve a felderítési tevékenységek irányításához és az adatok kiértékeléséhez szükségesek.

Ezek a következők lehetnek:

- repülőgép vezérlő operátori munkahely;
- felderítő tiszti munkahely;
- kiértékelő tiszti munkahely;
- nem vizuális felderítő eszközöket kezelő operátori munkahely;
- digitális képfeldolgozó számítógép.

A légi alrendszer alapvetően a különböző típusú pilóta nélküli repülő eszközökből és a feladatnak megfelelő hasznos terhekből áll. A pilóta nélküli repülő eszközök modulrendszerű elemekből állnak, kis rádiólokációs visszaverő felülettel rendelkeznek, hajtóműveik zajszintje, illetve infra kisugárzása alacsony értékű.

A híradó alrendszer feladata, a megbízható összeköttetés biztosítása a repülőeszköz és a földi irányító állomás, illetve az előljáró, valamint az információ felhasználók között. A pilóta nélküli repülő eszköz rendszer híradó alrendszere az alábbi elemekből áll:

- a föld-levegő híradás elemeiből;
- a levegő-föld híradás elemeiből.

A KORSZERŰ PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐESZKÖZÖKKEL SZEMBEN TÁMASZTOTT ÁLTALÁNOS KÖVETELMÉNYEK

Az általános követelmények tartalmazzák mindazon elvárásokat, amelyeknek teljesítése biztosítja a rendeltetésből adódó feladatok előírt szinten történő vég-

rehajtását. A konkrét követelmények azon technikai-műszaki paraméterek összessége, amelyekkel az új eszköznek mindehhez rendelkeznie kell.

A teljes UAV komplexumot tekintve:

- nagyfokú mobilitás;
- rövid telepítési és bontási idő;
- hordozó járművek megfelelő terepjáró képessége;
- vasúti, légi és vízi szállíthatóság stb.;
- környezeti viszonyoknak való megfelelés, úgymint klimatikus, időjárási, terep és infrastrukturális szempontok figyelembe vétele;
- alacsony előállítási és üzemeltetési költségek;
- a kereskedelembe kapható alkatrészek, részegységek, hardverek és szoftverek széles körű felhasználása;
- azonos áramkörü elemek, alkatrészek, részegységek sokoldalú felhasználhatósága;
- imitációs lehetőség a valós repülések számának csökkentésére;
- egyszerű logisztikai kiszolgálás;
- moduláris felépítés a gyors hibabehatárolás és javítás érdekében.

A harcászati követelményeket tekintve:

- optimális, a hadműveleti és harcászati igényeknek megfelelő hatósugár és repülési időtartam;
- időjárástól és napszaktól független alkalmazhatóság;
- bevetésre, ismételt bevetésre való rövid felkészítés;
- kis reakcióidő új feladat esetén;
- váratlan helyzetekre való reagáló képesség;
- a hasznos terhek, szenzorok alkalmazási sajátosságainak megfelelő repülési magasság;
- autonóm, szelektív célfelderítés;
- a célpontok állami hovatartozásának, jellegének meghatározása, különös tekintettel katonai vagy polgári mivoltára;
- valós idejű adattovábbítás és -ábrázolás;
- kompatibilitás a nemzeti felderítő, harc- és tűzvezetési rendszerekkel;
- interoperabilitás a NATO felderítő, harc- és tűzvezetési rendszereivel;
- több funkcióval alkalmazhatóság.

Az UAV sárkányszerkezetét tekintve:

- optimális kialakítás a minél kisebb hajtóanyag fogyasztáshoz;
- optimális kialakítás a különböző hasznos terhek befogadásához és alkalmazásához;
- a hajtómű jellegének megfelelő szerkezeti kialakítás;
- kis hatásos visszaverő felület.

Az UAV hajtóművét tekintve:

- kedvező teljesítmény/tömeg arány;
- moduláris felépítés;
- egyenletes, vibrációmentes járás;
- kis méret és tömeg;
- alacsony tüzelőanyag felhasználás;
- kis zaj-, hő- és kipufogógáz kibocsátás;
- hosszú élettartam.

Az adattovábbító berendezéseket tekintve:

- nagysebességű, megbízható, többcsatornás, zavarvédett adatátvitel;
- korszerű modulációs eljárás;
- kis méret és tömeg;
- alacsony energiafelhasználás;
- külső fizikai behatásokkal - ütődéssel, rázkódással, hőmérséklettel stb. - szembeni érzéketlenség.

A hasznos terheket tekintve:

- állandó beépítésű nappali-éjszakai képfelderítő eszközök;
- megfelelő készletkialakítás az UAV többfunkciós alkalmazásának biztosításához;
- gyors cserelhetőséget biztosító mechanikai kötések és elektronikus csatlakozások;
- kis méret és tömeg;
- alacsony energiafelhasználás;
- külső fizikai behatásokkal - ütődéssel, rázkódással, hőmérséklettel stb. - szembeni érzéketlenség.

A PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐ ESZKÖZÖK OSZTÁLYOZÁSA

A katonai UAV-kat repülési tulajdonságaik és felhasználási lehetőségeik alapján csoportosíthatjuk. A repülési tulajdonságok alapján végzett osztályozás fő szempontjai a hatósugár, az alkalmazási magasság és a repülési időtartam. E tényezők azonban nagy hatással vannak az adott eszköz felhasználhatóságára és végrehajtandó feladataira. Természetesen, mint minden harci-technikai eszköznel különbséget tehetünk közöttük az alkalmazásuk szintje (színtere) szerint is, úgy-mint harcászati-, hadászati és speciális feladatot végrehajtó eszközök.

A táblázat adatai, mint főbb kategorizálási szempontok szolgálhatnak.

1. táblázat

Kategória	Rövidítés	Hatósugár	Magasság	Időtartam
		km	m	h
TACTICAL UAVs				
Micro	μ	<10	250	1
Mini	MINI	<10	350	<2
Close Range	CR	10–30	3000	2–4
Short Range	SR	30–70	3000	3–6
Medium Range	MR	70–200	3/5000	6–10
Medium Range Endurance	MRE	>500	5–8000	10–18
Low Altitude Deep Penetration	LADP	>250	50–9000	0,5–1
Low Altitude Endurance	LAE	>500	3000	>24
Medium Altitude Long Endurance	MALE	>500	5–8000	24–48
STRATEGIC UAVs				
High Altitude Long Endurance	HALE	>1000	15–20 000	24–48
Uninhabited Combat Aerial Vehicle	UCAV	+/-400	<20 000	+/-2
SPECIAL TASK UAVs				
Offensive	LETH	300	3–4000	3–4
Decoy	DEC	<500	50–5000	>4

További felosztások

2. táblázat

UAV kategóriák	Típus	Szárny-fesztáv [m]	Hossz. [m]	Rep.seb. [km/h]	Üres súly [kg]	Hasznos-teher [kg]
UAV-E Unmanned Aerial Vehicle Endurance	Predator	14,6	8,3	220		209
	Helios	75				
	Global Hawk	35	13,5	635	3869	907
JT-UAV Joint Tactical Unmanned Aerial Vehicle	Qutrider	3,4	3	200	136	45
	Pioneer	5,1	4,2	195	165	44
M-UAV Maneuver Unmanned Aerial Vehicle	Pointer	2,7	1,8	80	1,4	1,8
	Hawk H-7 f	2,6	1,5	130	8,1	5,4
	Mini AV	0,48–1,5			-	0,028–1,5
	Mikro AV	0,15		36-72	-	0,005–0,02

A *manőverező pilóta nélküli eszközök* (M-UAV), 3 órát képesek a levegőben tölteni, hatótávolságuk 50 km. A manőverező pilóta nélküli repülőgépek legkisebb családját alkotják, a mini és a mikro pilóta nélküli repülőgépek (pl.: Entomopter, csapkodó szárnyai meghajtását egy előre, hátra mozgást végző vegyi izom biztosítja, a Fekete Özvegy 12 cm hosszú és csupán 57 gramm, a SENDER, a legkisebb már hadrendbe állított repülő eszköz. Ez egy ember által hordozható, elektromos meghajtású repülő eszköz, amelynek szárny fesztávolsága 1,2 m, súlya 4,5 kg. Képes mintegy 1,2 kg súlyú hasznos terhet szállítani, maximum 170 km távolságra). A mikro pilóta nélküli repülőgép rendszert — a tervek szerint — egy katonai hátizsákban helyezik el. A repülőeszközt egy katonai kézből indítják, majd egy joystick-kal kezelt repülést vezérlő egység segítségével irányítják.

Az *egyesített harcászati pilóta nélküli repülő eszközök* (JT-UAV), amelyek az ellenség légterében 8–10 órát tölthetnek és mintegy 200 km hatótávolságúak.

A harmadik csoportba azok a *pilóta nélküli repülő eszközök* (UAV-E) sorolhatók, amelyek 24 órás folyamatos repülésre, többcélú feladat végrehajtására készíthetők fel és mintegy 800 km, vagy nagyobb hatótávolságúak (endurance — repülési időtartam). Ezek a távirányított vagy robotrepülőgépek a Föld és a világűr megfigyelésében és a távközlésben kiegészíthetők, vagy pótolhatják a műholdakat és az űrhajókat. (Global Hawk képességeit az afganisztáni hadszíntéren harci körülmények között bizonyította. Napi 138 000 km² felszín részletes átkutatására képes radarja van, amely másodpercenként 30 Megabyte képi információt termel a két fedélzeti számítógép és a földi, real-time vevőállomás számára. A másik fontos érzékelő egy kombinált (hagyományos és infra) kamerarendszer, amely térképező üzemmódban napi 104 000 km²-t fényképez le, illetve kutatáskor napi 1900 nagyfelbontású képet készít. A Helios a szárny tetejére szerelt napelemek látják el energiával. A repülőgép 30 500 m magasságba emelkedve megfigyelési és távközlési feladatokat láthat el a mai műholdakhoz hasonlóan).

Az angolok és svédek közösen dolgoznak egy egészen újszerű, személyzet nélküli repülőgépen. A nagy madárakra összehangolt támadási és védekezési eljárásaihoz hasonlóan együtt mozgó UAV-rajokat terveznek. A raj tagjai külön-külön nem lennének olyan nagyok, mint a Global Hawk. A sok, hálózatba kötött fedélzeti számítógép, a többféle érzékelő, amelyből az egyik repülőgépen lenne az egyik, a másikon a másik, együttesen rugalmas és csak nehezen rombolható fegyverrendszert alkothat.

3. táblázat

Repülési magasság szerint	Alacsony 0–1000 m	Nagy 1000–20 000 m	
Repülési sebesség szerint	kicsi 500 km/h-ig	nagy 500 km/h felett	
Szerkezeti kialakítás szerint	merevszárnyú	forgószárnyú	
Lehetséges hasznos teher szerint	robbanótöltettel felszerelt	elektrooptikai; időjárás felderítő; zavaró, megtévesztő; felderítő	egyéb hasznos teher
Rendeltetés szerint	biztosító	harci	felderítő
Hatósugár szerint	közeli 30 km-ig	kis 30–150 km	közepes 150–650 km
Repülési magasság szerint	kis	közepes	
Repülési időtartam szerint	harcászati 24 óra alatt	hadműveleti 24 óra felett	

Az osztályozás szempontjából egy rendező elv lehet, hogy az UAV:

- nem-halálos (non-lethal);
- halálos (lethal) eszköz.

A nem halálos UAV-k fő feladata nem az ellenséges erők és eszközök megsemmisítése, pusztítása, rombolása, hanem a harcot megvívó saját erők támogatása, biztosítása. Ezen eszközök leggyakoribb feladata különböző felderítési adatok megszerzése és ezen adatok biztosítása a saját csapataink számára. A nem halálos UAV-k egyes típusai képesek a terepen elhelyezett különböző típusú aknáknak felderítésére, adatok átjátszására (retranszlációra), különböző pusztító eszközök számára cél (infra) megjelölésre.

A halálos UAV-k csoportjába olyan speciális felismerő, célazonosító és intelligens irányítási rendszerrel, valamint meghatározott méretű harci résszel felszerelt eszközök tartoznak melyek alapvető feladata ellenséges, kemény célok (harckocsik, hajók, infrastrukturális létesítmények) és sugárzó elektronikai eszközök (rádiók, radarok, navigációs berendezések) pusztítása, rombolása.

Az UAV-kal végrehajtható feladatok:

- felderítés, megfigyelés;
- felfedés, megtévesztés;
- légi akna felderítés;
- tűzérési tűzhelyesbítés;
- harcmező kárfelmérés;
- harcvezetés;
- kommunikációs és adat átjátszás;
- vezetés és irányítás átjátszása;

- digitális térképezés;
- elektronikai harc;
- repülési útvonal felderítés;
- ABV felderítés;
- radarzavarás és elnyomás;
- távérzékelő felügyelet;
- célmegjelölés;
- városi harc;
- támadás:
 - radar-elleni;
 - harckocsi/jármű elleni;
 - hajó elleni;
 - infrastruktúra elleni.

A pilóta nélküli repülőgépek nem katonai alkalmazhatósága:

- határőrizet, megfigyelés (tiltott határátlépés, csempészet);
- drog felügyelet (felderítés, megfigyelés);
- város ellenőrzés (terrorista elhárítás, VIP rendezvények felügyelete);
- tűzestek felderítése, ellenőrzése (erdő-, fűrótorony tüzek, oltás);
- rendkívüli helyzet (árvíz, földrengés, vulkánkitörés), kutatás-mentés;
- tengerpart megfigyelés;
- távérzékelés és meteorológiai adatgyűjtés;
- közmű megfigyelés, ellenőrzés (elektromos és távvezeték felügyelet);
- polgári védelem (pl. nagy értékű állami vagyon őrzése);
- mezőgazdaság (termény/kárbecslés, halászati és vadmegfigyelés).

Távolabbi jövőben:

- távközlési és műholdas adatátvitel;
- kőolaj és ásvány felmérés, azonosítás;
- hosszú időtartamú természettudományi és atmoszférikus kutatás.

AZ UAV-K LEHETSÉGES FELADATAI A NATO HARCÁSZATI LÉGIERŐ KERETÉBEN

A harcászati légifelderítés és a megfigyelés napjainkban még mindig a legfontosabb feladata az UAV-knak. A felderítési információkat a pilóták veszélyeztetése nélkül, éjjel nappal képesek biztosítani. A légvédelem a felderítő repülőgépeket könnyen sebezheti, ezért a légi felderítés az UAV-k segítségével kisebb veszteségekkel valósítható meg. Végrehajthatják a tűzérő (hagyományos csöves és reaktív) és a csapásmérő repülő, harci helikopterek számára célfelderítést és tűzhelyesbítést, illetve a végrehajtott csapások eredményeinek feltárását.

Az *elektronikai hadviselés eszközei* egyre fontosabb szerephez jutnak a jelenkori hadseregek haditechnikájában. Az elektronikai felderítési és zavarási műveletek végrehajtásában az UAV-k végrehajthatják az ellenség üzemelő vezetési és fegyverzetirányítási rendszereinek, elektronikai objektumainak, azok szervezeti hovatartozásának, települési körzetének technikai jellemzőinek és az általuk továbbított információknak feltárását. Ezen a felderítési feladatok végrehajtására az UAV-k fedélzeti berendezéseit különböző elektrooptikai (optikai és infravörös) rádiólokációs, rádió- és rádiótechnikai, hidro-akusztikus és mágneses felderítő eszközökből vagy azok kombinációjából állíthatják össze. Elektronikai zavarás (lefogás) során az UAV-k tevékenysége az ellenség technikai- felderítő, vezetési és fegyverzetirányítási rendszerei és eszközei működésének - aktív (esetleg passzív) zavarással történő - megakadályozására vagy megnehezítésére irányulna. Elektronikai zavaró feladatok ellátásakor az UAV-kat különböző rádió- és rádiótechnikai zavaró-berendezésekkel lehetne felszerelni. Felderítési feladataikat útvonalon, a zavarást meghatározott légterekből órjáratozással hajthatják végre. Az elektronikai felderítő feladatot alapvetően az ellenség támadó hadműveletének megindulása előtt, a várható harctevékenységi körzetekben, míg a zavarási feladatokat a védelmi hadművelet folyamán hajthatják végre.

A *kutató-mentő műveletek* egyre inkább előtérbe kerülnek még egy modern háborúban is, hiszen a jól kiképzett és felkészített állomány elvesztése nagy veszteséget jelent. Elsődleges szemponttá vált az emberi élet megmentése. Így a kutató-mentő műveletekben nagy szerepet kaphatnak az UAV-k. Az esetek nagy többségében ezeket a feladatokat az ellenség védelmének mélységében vagy nehezen megközelíthető területeken kell végrehajtani. Az UAV nem képes az adott személyzet kimentésére, de nagyon fontos információkhoz juttathatja a bajba jutott állomány segítségére siető csoportot, amelynek feladata a bajba kerültek mentése. Képes rejtetten megközelíteni a bajba jutottakat, bármely napszakban, jó vagy rossz időben, valós idejű adatokat nyújthat a mentő csoport részére a körzetben lévő ellenség elhelyezkedéséről, technikájáról.

A *különleges légi műveletek* kategóriájában több speciális feladat is végrehajtható az UAV-kal. Ezek közül az egyik legfontosabb a *megtévesztő tevékenység*, melyet általában a rejtéssel, imitálással, álcázással, és dezinformálással kapcsolatos rendszabályokkal együtt alkalmaznak, másodlagos irányban, hogy ezáltal az ellenséges légierő és légvédelem erőit és eszközeit elvonják a saját erők fő tevékenységének irányától vagy harctevékenységi körzetétől. A megtévesztés lehet hadműveleti vagy harcászati szintű. A megtévesztő tevékenység egyik célja az ellenséges repülők, főként a vadászipülők idő előtti riasztása és kivezetésre készítése gyengítve a vadászipülő oltalmazást. Ezek az eszközök, mozgásparamétereik alapján - mint rádiólokációs célok - a helikopterrel könnyen össze- téveszthetők.

A *híradás biztosítása* is egy fontos feladata lehet az UAV-knak. A fedélzeti berendezéseik segítségével képesek a kiválasztott egy, vagy több rádiófrekven-

cia vételére erősítésére és továbbítására. A mikrohullámú és a digitális technika fejlődésével elérték azt a színvonalat, hogy zavarmentes, adat- és rádióösszeköttetés folyamatos fenntartására képesek. Erre a feladatra az egyhelyben „függeszkedő” forgószárnyas eszközök igazán alkalmasak, de más hagyományos felépítésű, meghatározott légtérben vagy útvonalon járőröző UAV-k is képesek. A repülési magasság pár száz méterrel történő „megemelése” a rádióösszeköttetés hatótávolságának több tíz km-rel való kiterjesztését eredményezheti. A pilóta nélküli repülő fontos technikai eszköz lehet a szárazföldi csapatok légi támogatásában résztvevő harcászati repülők és harci helikopterek tevékenységének segítésében. Más alkalmazási lehetősége a bekerítésben harcoló egységekkel, alegységekkel vagy az ellenség mélységébe átdobott légi-mobil harccsoporttal illetve harcászati légi-deszanttal való híradó összeköttetés biztosítása.

A PILÓTA NÉLKÜLI ESZKÖZÖK HASZNOS TERHELÉSE

A UAV-k hasznos terhelése alatt azokat a szenzorokat (optikai-, rádió-, rádiótechnikai-, rádiólokációs-, meteorológia-, radiológiai-, kémiai- és biológiai érzékelőket) és pusztító eszközöket értik melyek alapvetően meghatározzák az UAV által végrehajtott feladatokat. A hasznos terhelését több alapvető tényező is befolyásolja. Az egyik a repülő eszköz mérete. Egy másik fontos tényező, mely a hasznos teher kiválasztását befolyásolja, az energetikai rendszer elektromos teljesítmény adatai. Ez összhangban van bizonyos vonatkozásaiban a geometriai adatokkal. Ugyanis minél nagyobb egy UAV mérete, annál nagyobb teljesítményű hajtóműre van szüksége, ami viszont kihatással van az elektromos rendszerének terhelhetőségére is.

E megállapításokból azonban nem szabad azt a következtetést levonni, hogy célszerű nagyobb méretű-, és nagyobb teljesítményű UAV-kat alkalmazni. Mi több, a tendencia sem ezt mutatja. Napjainkban két fő célkitűzés fogalmazódik meg a hasznos teher vonatkozásában. Az egyik a miniatürizálás, azaz teljesítmény adatok megtartása (illetve növelése) mellett, kisebb méret, kisebb súly, kevesebb elektromos teljesítmény felvétel biztosítása. A másik a moduláris kialakításra való törekvés, mely egyrészt valamilyen közös platformon, egységes elvek, nézetek alapján több szenzor egységes alapra való integrálása, illetve a különböző szenzorok változtatásának, cserélhetőségének a megvalósítására irányul.

A kisebb méretek és teljesítmények következtében az UAV-k az ellenség felderítésének kevésbé lesznek kitéve, illetve a moduláris felépítéssel több, különböző feladat végrehajtására is alkalmassá válnak.

A harcászati UAV-kon az egyik leggyakrabban alkalmazott hasznos terhelések közé az elektrooptikai és infravörös felderítő berendezések tartoznak. Ezek az eszközök általában előre látó infravörös kamerák, alacsony fényérzékenységi szintű TV kamerák, nagy érzékenységgű kamerák. Sok esetben ezek a szenzorok

egy platformba kerülnek beépítésre, távvezérelhetők, a felderítési zónájuk változtatható, általában 360°-ban elforgatható. A repülési magasság és a légkör állapotától függően felderítési távolságuk a 2-25 km-t is elérheti, de nem alkalmasak minden időjárási viszonyok közötti felderítésre.

A jelenleg alkalmazott UAV-k másik fontos felderítő eszköze a szintetikus apertúrájú radar (SAR). Különböző üzemmódjainak megfelelően képes nagy felbontású 3D képalkotással igen valós felszíni képet alkotni, továbbá mozgó célkiválasztó üzemmódon dolgozni. A radar 2–8000 m közötti magasságtartományban, 4,4–10,8 km-es hatótávolsággal, 0,1–0,3 m-es felbontó képességgel, minden napszakban, bármilyen időjárási körülmények között alkalmazható. Hátránya: mind méretei, mind teljesítmény felvétele igen nagy.

Ezek a berendezések kívül számos egyéb felderítő eszköz tartozhat az UAV-k hasznos terheléséhez. Ezek elsősorban rádiótechnika-, akusztikai-, ABV- valamint különböző meteorológiai szenzorok, radarkeresők, robbanó fejek.

A PILÓTA NÉLKÜLI ESZKÖZÖK ELŐNYÖS TULAJDONSÁGAI

Mivel nincs a fedélzetükön ember alapvetően képesek megoldani az élő erő megóvását a fegyveres harc során.

A repülőgép vezető által vezetett és a robotrepülőgép gyártási költségintje között sokszoros az arány a pilóta által vezetett repülőgép javára. (nem kell, hogy tartalmazza a pilóta életfunkcióit és tevékenységét biztosító rendszereket, berendezéseket, a robotrepülőgépek élettartam szempontjából is igénytelenebbek.)

A pilótát a robot fedélzetén a számítógép helyettesíti. Mivel az ember által vezetett repülőeszközök fedélzetén is ma már a repülőgép vezetési, navigációs, felderítési, célzási, rakéta rávezetési, stb. funkciók jelentős részét a számítógép vezérli, az csak a komputer szoftver kiegészítését jelenti, ha a pilóta többi funkciót is magára veszi.

A robotrepülőgépek egyik legnagyobb előnye a gazdaságosság. Ez abból adódik, hogy lehetnek többszöri, vagy egyszeri felhasználásúak. A többszöri felhasználású felderítő, elfogó, vagy csapásmérő robotoknál megoldható, hogy béke időszakban csak korlátozott számú, a kiképzést és a készenlétet biztosító eszközök legyenek igénybe véve, a többi harcászati, vagy hadászati tartalékot képezzen, ezáltal konzervált állapotban nem igényel ráfordítást. A készenléti eszközök szintén csak esetenként vannak igénybe véve, a kiképzési célú eszközök, pedig csak a számítógépes, szimulátoros kiképzés kiegészítői lehetnek..

Az egyszer felhasználható öngyilkos eszközök főleg csapásmérésre lennének alkalmazva. Szerkezetük, vezérlésük egyszerű, költségtakarékos lehetne. Csak

katonai konfliktus esetén kerülne felhasználásra, ezért béke időszakban ráfordítást nem igényelne.

A FEJLESZTÉSEK LEHETSÉGES IRÁNYAI

A világ számos országában egyre nagyobb lendülettel folyik a pilóta nélküli repülő eszközök, fejlesztése és alkalmazása. Az UAV-kkal kapcsolatos fejlesztésekre nagy hatást gyakorolnak a mindenkori háborúk, háborús helyzetek, harci cselekmények, melyek minden esetben felszínre hoznak olyan új alkalmazási eljárásokat, vagy szükséges technikai változtatásokat melyekre a gyártóknak megoldást kell találniuk. Mivel az elmúlt 10–15 évben igen gyakoriak voltak a háborús tevékenységek, így fejlesztési tendenciája folyamatos emelkedést mutatott. Alapvető cél a meglévő pilóta nélküli eszközök modernizálása és új típusú hasznos terhek kifejlesztése, valamint a jelentkező új harcászati elveknek megfelelően teljesen új eszközök kifejlesztése, rendszerbe állítása. Az amerikai Védelmi Minisztérium a 90 meglévő UAV-s programját 2010-re 290-re tervezi bővíteni.

A fejlesztők igyekeznek nagy hangsúlyt fektetni a különböző rendszerek közötti helyes egyensúly megteremtésére. Ezért a fejlesztések minden esetben valamilyen UAV kategóriához kötődnek. Törekcszenek az eszközök repülési paramétereinek javítására (repülési időtartam és távolság), egyrészt nagyobb teljesítményű de kisebb fajlagos tüzelőanyag fogyasztási jellemzőkkel rendelkező hajtóművek cseréjével és új aerodinamikai formák alkalmazásával, másrészt a fedélzeti berendezések méretének és súlyának csökkentésével.

Elsőrendű feladatává vált az eszközök felderíthetőségének csökkentése, ezáltal túlélőképességük növelése. Ezt általában a radarvisszaverő felület csökkentésével, Stealth-technológiák alkalmazásával, a hajtóművek hangjának és esetlegesen hő kibocsátási együtthatójának csökkentésével valamint irányított szűk sávú adatátvitellel kívánják elérni. Mivel nagyon gyakori volt a pilóta nélküli repülők vesztesége a feladatok végrehajtása utáni leszálláskor ezért fokozottabb figyelmet fordítanak a visszatérő rendszerek tökéletesítésére, elősegítve a minél többszöri felhasználást és a kedvezőbb megtérülést.

Prioritást élvező igény a minden időjárási viszonyok közötti alkalmazhatóság kiszélesítése. Ennek érdekében a gyártók igyekezzenek felszerelni az eszközöket a legmodernebb navigációs rendszerekkel (inerciális, műholdas), amelyek biztosítják a „sebészti pontosságú” navigációt.

Új feladatként jelentkezik a meglévő fedélzeti eszközök (felderítő, adattovábbító, navigációs) felújítása, cseréje, a régebbi és az újabb eszközök közötti kompatibilitás megvalósítása, valamint új típusú berendezések (infra kamera, lézer megvilágító és távolságmérő, szintetikus rádiólokátor) beépítése.

Egyre fontosabb igényként jelenik meg az elektronikai zavarás feladataiban való részvétel. A megoldás egyik formája az olyan pilóta nélküli eszköz, melynek hajtóműve képes elegendő elektromos energiát fejleszteni az aránylag nagy teljesítményű zavaradó működtetéséhez. Másik formája ennek az egyszer használatos, kisteljesítményű zavaradók pilóta nélküli repülőőről történő kijuttatása a zavarandó berendezés közelébe. Ez a feladat kisebb kockázattal hajtható végre, mint egy pilóta által vezetett repülőgéppel. Napjainkban egyre inkább előtérbe kerül a csapásmérésben való alkalmazásuk. Ez napjainkban két irányba mutat. Egyrészt, mint egy hatásos célmegjelölő eszköz a csapásokat kiváltó repülőgépek számára, másrészt az intelligens UAV felderítve és azonosítva a célját nekirepülve megsemmisíti. (rádiolokátorok elleni feladatra tervezett HARPY, földfelszíni, kemény célok (harckocsik, tüzérségi eszközök) ellen ki fejlesztett TAIFUN, mindkét eszköz önállóan deríti fel, majd semmisíti meg kiválasztott célját). A jövő évtizedben fokozódik a szerepük az ellenséges légvédelem elleni tevékenységben, annak elnyomásában az első támadások alkalmával. Továbbá nagyon fontos feladat a minél gyorsabb és lehetőleg torzításmentes, műholdas adatátvitel a felhasználók irányába.

Maximálisan törekedni kell arra, hogy a fedélzeti berendezések képesek legyenek biztosítani a lehető legjobb navigációs pontosságot, aminek a feltétele a műhold vagy az inerciális navigáció (legjobb, ha mindkettő megvan). Szükséges a kétoldalú, védett (kódolt), lehetőleg hibamentes, duplex, irányított és körkörös sugárzó adatvonal (a jövőben műholdas adatvonal) megléte. Nagyon fontos, hogy mind a navigációt, mind az adatkapcsolatot biztosító elektromos ellátó rendszer megbízhatóan működjön, hiszen ez fontos alapja az UAV korrekt működésének.

A működtető szoftverrendszer egyik alrendszer kell, hogy legyen az az intelligens funkció, ami képessé teszi az ezt a típusú repülő eszközt arra, hogy akár kommunikációs, akár más probléma beállta esetén vissza tudjon térni a bázisra, vagy kényszerhelyzetben vészleszállást tudjon végezni. Mint a biztonságot nagymértékben emelő rendszerek, elláthatóak az UAV-k összeütközést elkerülő berendezésekkel², a légiforgalmi szolgálatok által történő azonosítás és helyzet meghatározást elősegítő³ transzponderrel, fedélzeti lokátorral, mellső légteret kutató kamerával.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Peták György: Forradalmian új fejlesztési irány a légi háborúk megvívására. Repüléstudományi Közlemények, XIII évfolyam 32. szám, Szolnok, 2001. (39–42) o.

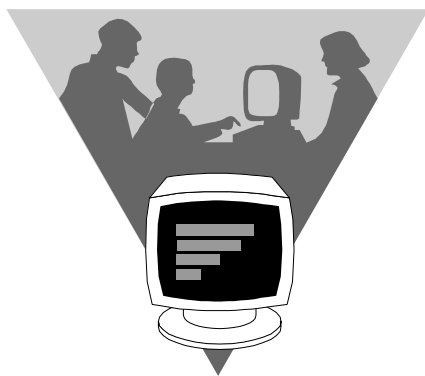
² ACAS — fedélzeti összeütközés elkerülő rendszer.

TCAS — forgalmi tájékoztató és összeütközés elkerülő rendszer.

³ IFF — saját-ellenség felismerő rendszer.

SSR — másodlagos radarrendszer.

- [2] Pilóta nélküli felderítő repülő eszközök. Haditechnikai Intézet, Haditechnika füzetek 1. sz. 1999.
- [3] <http://www.zmka.hu/tanszerek/ehc/konferencia/april2001/marton.html>
- [4] <http://www.168ora.hu/2001/09/embertel.htm>
- [5] <http://www.zmne.hu/tanszerek/ehc/konferencia/april2001/varhegyi.html>
- [6] <http://www.euro-uvs.org/pdf/09.1.pdf>
- [7] <http://www.euro-uvs.org/pdf/09.2.pdf>
- [8] Marton Csaba: A pilóta nélküli repülőgép rendszer elemeinek felderítési lehetőségei. Korszerű Katonai Technológiák a XXI. században – Az új felderítő, Elektronikai Hadviselési Rendszerek Koncepciói nemzetközi konferencia előadásainak gyűjteménye, ZMNE, Budapest, 2000. (252–270) o.
- [9] Marton Csaba: Pilóta nélküli repülő eszközök „mikro” méretű változatainak alkalmazása felderítési feladatokra. Repüléstudományi Közlemények, XIII évfolyam 32. szám, Szolnok, 2001. (97–105) o.
- [10] Palik Mátyás: A pilóta nélküli repülő eszközök civil alkalmazásának lehetőségei. Repüléstudományi Közlemények, XII. évfolyam 29. szám, Szolnok, 2000. (221–230) o.
- [11] Tájékoztató a külföldi repülési szakfolyóiratokban megjelent fontosabb cikkekről és információkról. Magyar Honvédség RMSZ Főnökség, Budapest, 2002/3. sz.
- [12] Palik Mátyás: A pilóta nélküli repülő eszközök hasznos terhelése. Repüléstudományi Közlemények különszám 2., FAT 2002 „Future Aviation Technologies” Első Nemzetközi Szimpózium kiadványa, Szolnok, 2002. (81–86) o.
- [13] Palik Mátyás: A pilóta nélküli repülőgépekkel megoldható feladatok a NATO harcászati légierő alkalmazási formái keretében. Repüléstudományi Közlemények, XI. évfolyam 26. szám, Szolnok, 1999. (307–320) o.
- [14] Palik Mátyás: A pilóta nélküli repülő eszközök alkalmazásának sajátosságai nemzeti légtérben. Repüléstudományi Közlemények, A XX. század haditechnikai forradalmának hatása a XXI. század katonai repülésére konferencia kiadványa, különszám I., Szolnok, 2001. (205–212) o.
- [15] Ványa László: Pilótanélküli repülő eszközök elektronikai hadviselési alkalmazása szakértői rendszer támogatásával. Repüléstudományi Közlemények, A XX. század haditechnikai forradalmának hatása a XXI. század katonai repülésére konferencia kiadványa, különszám I., Szolnok, 2001. (213–220) o.



MŰSZAKI TUDOMÁNYI ROVAT

Rovatvezető: Dr. Gedeon József
Rovatszerkesztők: Dr. Szabolcsi Róbert
Vörös Miklós

A TERRESZTRIKUS-NAVIGÁCIÓS IDŐSZÁMÍTÁS ÉS GYAKORLATI ALKALMAZÁSAI

BEVEZETÉS

A terresztrikus navigáció alkalmazásáról elmondható, hogy — kis túlzással ugyan, de — egyidős az emberiséggel.

A navigáció ezen elemi fajtájának felhasználása szinte csakis a repülés „kis-gépes” területein valósul meg napjainkban. Nem feledkezhetünk meg azonban századunkban arról a tényről, hogy a Föld időszámításának alapjait épp a terresztrikus navigáció kidolgozása helyezte szilárd tudományos alapokra.

Ezen publikáció fő célja az alapismeretek bővítése, valamint új ismeretek közlése.

AZ IDŐ ÉS FAJTÁI

Az időmérés alapja sokáig a Föld tengely körüli forgása volt. Egy nap alatt értjük azt az időtartamot, amely alatt az éggömb egy pontja egy teljes (látszólagos) körforgást végez a Föld körül, vagyis 360° utat tesz meg.

A Naphoz viszonyított forgást, vagyis időt, *szoláris* vagy *valódi időnek* nevezzük. Azonban a látszólagos Naphoz (vagyis a tényleges Naphoz, amely az égbolton látszik) viszonyított forgás nem ad egyenlő sebességű időt a földforgás és a keringés mértékének változásai miatt. A Föld az orbiton nem egyenletes sebességgel mozog, Kepler II. törvénye értelmében keringési sebessége napközben nagyobb, mint naptávolban. Ezért a valódi napok hosszúsága sem egyforma.

A földforgás mérésére használt műszerek pontosságának növekedésével nyilvánvaló lett, hogy a Föld forgássebessége nem állandó, lassan növekszik az északi félgömb tavaszának idején és csökken az ellentétes évszak (ősz) idején.

Más változásokat is észleltek, amelyek sokkal szabálytalanebbek. Ez utóbbiak a *dagályhatás* okozta lassuláson kívül léteznek még, melyeket meteorológiai, szeizmológiai és napfizikai hatásokkal magyaráznak. Ezek a változások arra indították a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatalt, hogy inkább az *évet fogadja el az idő alapegységül*, mint a napot, így a napi szabálytalanságok ki-

küszöbölhetők. Az év egyenlő elosztásán alapuló idő: a *csillagászati naptáridő* (Ephemeris time).

Azt az időtartamot, amely alatt a Nap látszólagos mozgása során a Tavaszpontból kiindulva ide ismét visszatér *tropikus* vagy *szoláris évnek* nevezzük (Ezenkívül nevezik még ezt napéjegyenlőségi vagy természetes évnek is.)

Egy tropikus évben ugyanannyi középnapi van, mint valódi nappal. (A tropikus év időtartama: 365 nap 5 h 48 m 46 s.) Azt az időtartamot, amelyre a Földnek ahhoz van szükséges, hogy egy adott pontból kiindulva (egy csillaghoz, vagy a Naphoz) oda visszatérjen *sziderikus* vagy *csillagászati évnek* nevezzük. (Egy sziderikus év időtartama: 365 nap 6 h 09 m 09 s.)

A Föld keringésének időtartamát perihéliumtól perihéliumig *anomalisztikus évnek* nevezzük. Ennek időtartama: 365 nap 6 h 13 m 53 s.

A *naptári év* 365 nap, minden negyedik ún. szökőév, amikor a naptári év 366 nappal áll. 400 éves átlagban egy naptári év hossza: 365, 2425 középnapi.

A legutóbbi időben kifejlesztett *atomóra* pontosságában fölötte áll a csillagászati időnek.

Jelenleg nemzetközi megállapodással a másodpercet (*secundum-ot*) fogadják el az SI-rendszerben alapegységként az időmérésre, amely a cézium-133 atom alapállapotának két hiperfinom szintje közötti átmenetnek megfelelő sugárzás 9 192 631 770 periódusának időtartamaként határozták meg.

Ha a földforgást a Tavaszponthoz (Aeries: γ) viszonyítjuk, *Csillagnapról* beszélünk. A Csillagnap a Tavaszpont két egymást követő kulminációja között eltelt idő. A csillagidő a Tavaszpont óraszögével egyenlő. Általában az időt egy égitest óraszögével mérjük és idő- vagy ívmértékben fejezzük ki. A szerint, hogy az időt mely égitestre vonatkoztatjuk, beszélhetünk szoláris időről, csillagidőről, holdidőről stb. Az idő függ az észlelési hely földrajzi hosszúságától.

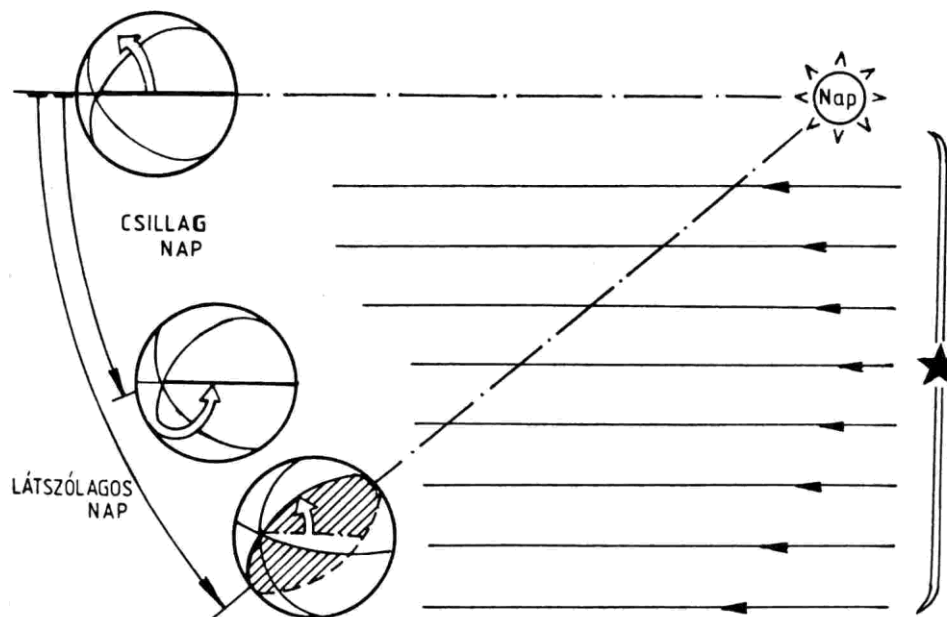
Ha a Földön a helyi meridiánt vesszük alapul, a forgást illetően akkor helyi időről beszélünk. A greenwichi vagy *egyetemes világidő* (Universal Time) a greenwichi meridiánra vonatkoztatott idő.

A napot 24 órára osztjuk, minden órában 60 perc és minden percben 60 másodperc van.

A *valódi nap* (vagy látszólagos nap — *apparent time*) a Nap két egymást követő alsó kulminációja közti időtartam. A *valódi idő* pedig nem más, mint a Nap alsó kulminációjától számított óraszöge.

Mínthogy a Föld keringése a Nap körül nem egyenletes sebességű, a látszólagos Nap mozgása az ekleiptika síkjában sem egyenletes. Hogy a Nap egyenlőtlen mozgása folytán a napok hossza között levő különbségek számításainkban ne zavarjanak, felvesszünk egy képzeletbeli Napot, amely az egyenlítőn egyenletes sebességgel mozog. E Napot *közép Napnak* nevezzük.

A középnap két egymást követő alsó kulminációja közt eltelt idő a középnap. A Középnap mindenkor óraszöge $+180^\circ$ = a középideő.



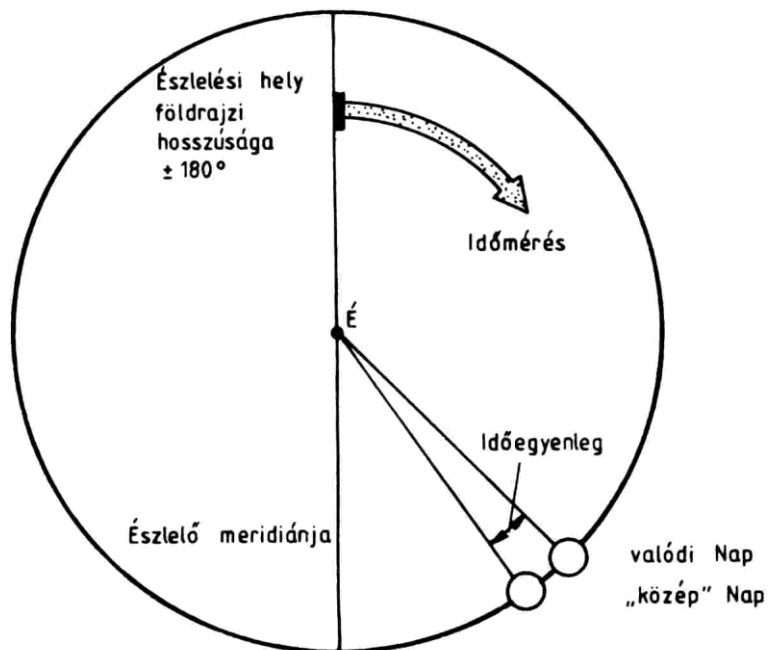
1. ábra. A csillag nap és a szoláris (látszólagos) nap közötti különbség,
Valódi idő, középideő

A valódi Nap és a Közép Nap a valódi Nap váltakozó sebessége folytán négyszer találkozik egy teljes keringés ideje (egy év) alatt. Tehát a valódi idő és a középideő csak négyszer egyenlők egy évben. Máskor mindig különbség van közöttük. E különbség: az *időegyenleg* (ET). Az időegyenleg az év négy napján (III.15., VI.14., IX.1. és XII.24.) nullával egyenlő. A legnagyobb az eltérés II. 11-én (+14 m 30 s) és XI. 2-án (-16 m 20 s). Az időegyenleg előjele aszerint, hogy a valódi Nap vagy középnap halad elől, pozitív vagy negatív. A középideő eltérését a valódi időtől a 2. ábra mutatja.

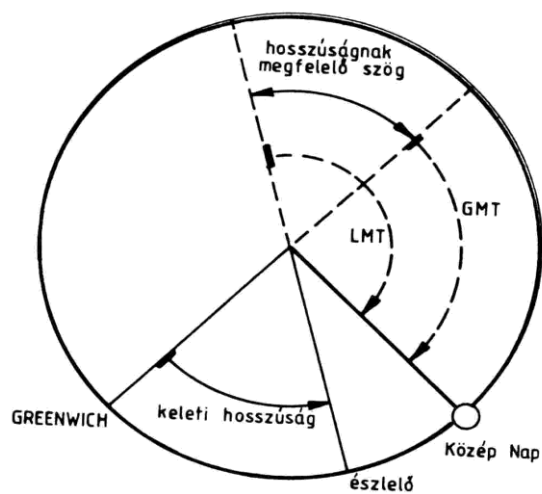
A helyi középideőt (Local Mean Time) tehát úgy kapjuk meg, ha a helyi valódi időhöz (Local Apparent Time) hozzáadjuk az időegyenleget. Képletben:

$$\text{LMT} = \text{LAT} + (\pm \text{ET}) \text{ és } \text{ET} = \text{LMT} - \text{LAT}$$

A greenwichi középideő (GMT) a greenwichi meridián helyi középideje. Ez egyben az egyetemes v. egyeztetett világideő (coordinated Universal Time - UTC) azonban ennek secundum egysége nem pontosan 3600-ad része a korábbi 24 órára osztott nap egy órájának.



2. ábra. A valódi idő és a középidő különbsége

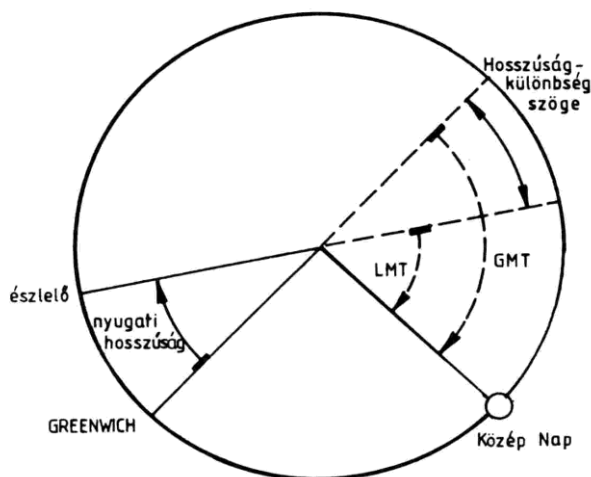


3. ábra. A greenwichi középidő (GMT) és a helyi középidő (LMT) közötti összefüggés. Észlelő greenwichtől keletre

A földrajzi hosszúság átszámítása időre

A Föld tengely körüli forgását figyelembe véve (24 óra alatt 360° -os elfordulás egy kiválasztott égi ponthoz viszonyítva) a földrajzi hosszúságkülönbséget időben (középidőben) is kifejezhetjük és viszont, két hely középidéjének különbsége a földrajzi hosszúságkülönbségre utal.

Minthogy a Föld egy óra alatt ($360:24$) 15° -ot, 1 perc alatt $15'$ -et és 1 másodperc alatt $15''$ -nyit fordul el, ebből adódik, hogy 1° -nyi tengely körüli elfordulás időtartama 4 perc. $1 \text{ nap} = 360^\circ = 24 \text{ h}$ azaz egyenlő egy teljes körfordulással.



4. ábra. A greenwichi középidő (GMT) és a helyi középidő (LMT) közötti összefüggés. Észlelő greenwichtől nyugatra

Ezek szerint bármely időtartamot, vagy időpontot kifejezhetjük az elfordulás szögével és megfordítva. Az átszámításnál a következő szabályokat kell figyelembe venni.

Ha ívmértéket (földrajzi hosszúságot) számítunk át időmértékre, 15-tel osztunk, a maradékot 60-nal szorozzuk eggyel kisebb egységben számoljuk.

Pl. $019^\circ 15' 48''$ E (a Ferihegyi repülőtér földrajzi hosszúsága) időben kifejezve Greenwich-től.

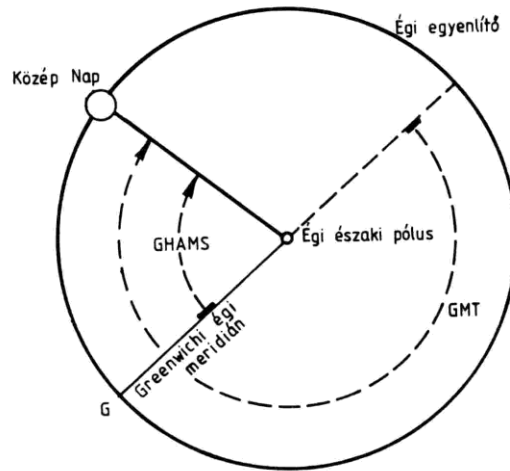
$$19^\circ : 15 = 14; 4^\circ \times 60 = 240' + 15' = 255' \text{ ismét } 15\text{-tel osztva: } 17 \text{ perc}$$

Tehát Greenwich és Ferihegy között az időkülönbség 1 h 17 perc.

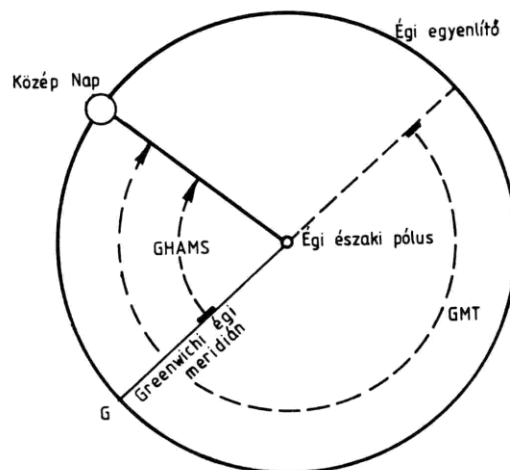
Ha időkülönbséget számítunk át ívmértékre (földrajzi hosszúság különbségre), akkor 15-tel szorzunk, majd a részeredményeket 60-nal osztva magasabb értékben hozzáadjuk. Például: 8 h 42 perc 50 s = vagyis $130^\circ 42' 30''$

$$8 \times 15 = 120^\circ; 42 \times 15 = 630' = 10^\circ 30' \text{ (marad } 30'); 50 \times 15 = 750'' : 60 = 12' 30''$$

Tehát $8\text{ h } 42\text{ perc } 50\text{ s} = 130^\circ 42' 30''$



5. ábra. A közép Nap és a középídő közötti összefüggés. Délután



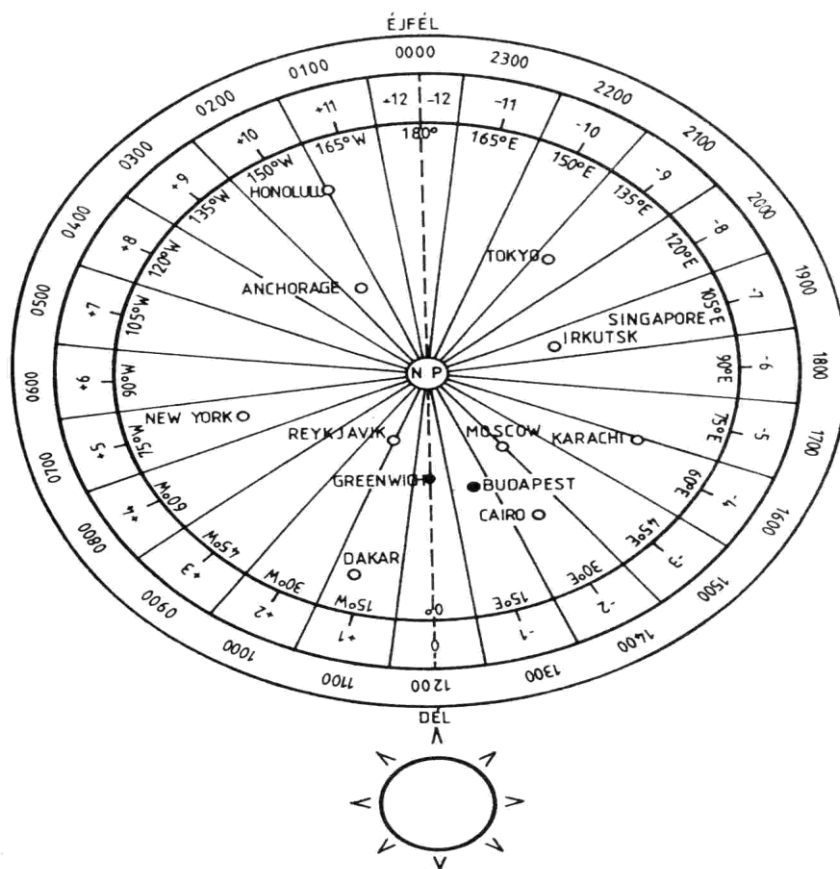
6. ábra. A közép Nap és a középídő közötti összefüggés. Délelőtt

A zónaidő, időzónák

A helyi középídő, mint láttuk, minden hosszúsági körön (délkörön) más és más. A mindennapi életben a 4 perces korrekciók helyett a Földet 1 órás *időzónákra* osztották.

Az első időzóna a greenwichi délkörtől a $7,5^\circ$ keleti és nyugati hosszúságig terjed, majd ettől keletre és nyugatra 15° -onként következnek az egyes időzónák,

melyek középső meridiánjának helyi középideje a *zónaidő*. Az időzónákat a 7. ábra mutatja.

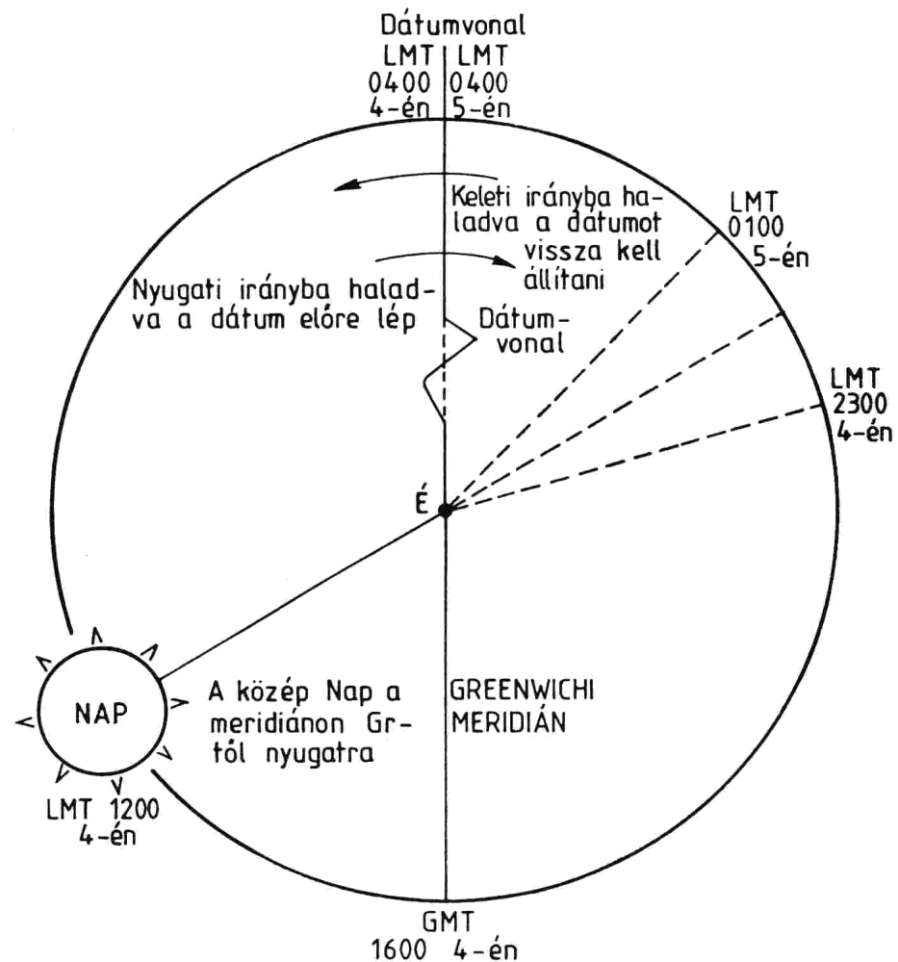


7. ábra. Időzónák-zónaidők

Az egyes időzónákat az országhatárok is módosítják. Így az egyes államok helyi ideje a zónaidőtől eltérő is lehet. Az időszámítást rendeletileg szabályozzák. Ez az ún. dekretális vagy *törvényes idő*. Pl. A volt Szovjetunió európai részén (és a kelet-európai időzónában) a moszkvai idő volt a törvényes idő. Ilyen törvényes idő pl. a *nyári időszámítás* is. A nemzetközi repüléseknél az egyes államok törvényes idejét figyelembe kell venni pl. a repülőterek szolgálati idejének megállapításakor. A repülések érkezési és indulási idejét a menetrendek a közönség számára helyi időben közlik.

Az időzónák között az időkülönbség 1 óra. A Föld forgása következtében az egyes zónaidők a greenwichi időhöz képest keleti irányban növekszenek, nyugati irányban pedig csökkennek. Vagyis a $172,5^\circ$ E és a $172,5^\circ$ W délkörök által

meghatározott időzónában az időkülönbség a greenwichi időhöz képest 12 óra. Minthogy ez a különbség a keleti hosszúságon + érték, vagyis 12 órával több a helyi középido, a nyugati hosszúságon viszont - az előjel, vagyis 12 órával kevesebb a helyi középido a greenwichi időhöz képest, az időzóna felező délkörét, a 180° hosszúsági kört nemzetközi megegyezéssel dátumhatárként határozták meg (8. ábra). A nemzetközi dátumvonalat módosítják az országhatárok és egyes szigetek földrajzi hovatartozása.



8. ábra. Dátumvonal szerepe

A dátumvonalat keleti irányban keresztezve a dátumot egy nappal vissza kell állítani, nyugati irányba haladva a dátumvonal keresztezésekor az órát 24 órával előre, vagyis a dátumot egy nappal előre kell állítani.

FELHASZNÁLT IRODALOM:

- [1] GYÖRKÖSY LAJOS: Latin - magyar szótár Akadémiai Kiadó Budapest, 1982. ISBN 963
- [2] Larousse enciklopédia II. kötet Akadémiai Kiadó Budapest, 1993. ISBN 963 05 6421
- [3] Marjai Imre: Nagy hajóskönyv Móra Kiadó Budapest, 1981. ISBN 963 11 2486 X
- [4] Cambridge enciklopédia Macenas Kiadó Budapest, 1999. ISBN 963 7425 659

A DIGITÁLIS TÉRKÉP ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A REPÜLÉSBEN

Számtalan olyan lehetőséget kínál e két rendszer együttműködése, ami elsősorban a navigálást segíti, de nem elhanyagolhatóak azon feladatok sem, amelyeket egy ilyen rendszerrel még hatékonyabban lehet elvégezni. Mit is kínálnak ezek a rendszerek?

NAVIGÁLÁS

A legfontosabb feladat amit a navigáció során végre kell hajtani, az útvonal tervezése. Olyan komplex feladatok megvalósítására is lehetőség nyílik, amit eddig nem, vagy csak sok időráfordítással lehetett megoldani. Ezt azok a csomagok biztosítják, melyek részei a digitális térkép kezelő szoftvernek. Ilyen például a térkép+útvonal ajánló vagy az adatbázis+útvonal tervező program. Itt számos paraméter szinte azonnal hozzáférhető. Lehet számolni a legrövidebb utat, a leggyorsabb utat és a leggazdaságosabb utat. Ezek az adatok valós időben lekérhetők, így nem okoz gondot a repülés előtti időben megtervezett úttól való eltérés, mert a repülési feladattól függően ez folyamatosan korrigálható és a legmegfelelőbb mindig kiválasztható.

A digitális térkép+útvonal tervezés, egy másik gyakran problémát okozó feladatot is megold, mégpedig az egy vagy több helyre elkerülendő útvonalak megtervezését. Bizonyos helyzetekben a legjobb megoldás megoldhatatlan feladatnak tűnhet, nem úgy a számítógép számára.

Követő rendszerek

A navigáció mellett olyan lehetőségek kiaknázására, mint a passzív követés, a rendszert egy adatrögzítővel kell kiegészíteni, amely az adatokat tárolja a megtett útvonalon. Szükség esetén az adatrögzítőből kiolvasott adatokat digitális térképre fel lehet vinni, és rekonstruálható a repülési feladat útvonala.

A megfigyelendőket természetesen elég ellátni GPS-el és adatrögzítővel. A mozgások az adattároló kiolvasása után nyomon követhetők. Repülőgépek mozgása mellett persze a sebességüknek, irányuknak változása, várakozása, a tervezett útvonaltól való eltérése is rögzíthető, digitális térképre felírható.

Természetesen megoldható az aktív követés is. Ebben az esetben szükség van egy GPS vevőre és egy kommunikációs rendszerre (GSM, GPRS, műhold, URH), amely a GPS jeleit eljuttatja a PC-hez vagy a hálózathoz, amelyen a digitális térkép fut.

Ez az alkalmazás repülőgép szerencsétlenség vagy kényszerleszállás esetén életmentő információkat szolgáltat az adott helyről a segélynyújtó központ, kutató-mentő szolgálat és a rendőrök részére.

Katasztrófavédelem

A kényszerleszállást hajtott, vagy lezuhant repülőgép helye gyorsan meghatározható a digitális térképen. PDA esetén GPRS kommunikáció segítségével további információhoz lehet jutni, illetve a jelentést azonnal el lehet küldeni.

Katasztrófavédelemnél, pl.: erdőtüzek, árvizek helyének megjelölésénél, területi határainak rögzítésére kitűnő eszköz egy GPS vevővel felszerelt és digitális térképpel feltöltött PDA. A helikopternek vagy repülőgépnek csak el kell repülnie az erdőtűz vagy árvíz határvonala felett, a digitális térképre máris felrajzolásra kerül a határvonal. Fontosabb észrevételek a PDA-n szövegesen is rögzíthetők.

TÉRKÉPEK

A digitális térkép olyan adatállomány, amely a terepi objektumok térbeli információit explicit formában, numerikusan kódolva tartalmazza.

A digitális térképen az objektumokat, illetve azok térképi elemeit logikai csoportokba sorolhatjuk. A logikai csoportokat rétegeknek nevezzük. A rétegek legfontosabb jellemzője a rétegsorszám. Ehhez kapcsolhatjuk másodlagos információként a réteg nevét, és további kiegészítő információként a rétegben alkalmazott vonaltípust és színt.

A rendszer nemcsak a repülési térképeket tudja értelmezni, hanem a legkülönbözőbb térképeket is, mint például a geodéziai terepfelvételeket. A sokrétű felhasználhatóság érdekében akár filmfelvételekkel is kiegészíthetők. Ez lehetőséget biztosít geokódolt objektumok térbeni keresésére és megjelenítésére a digitális térképeken. A szoftver megoldja a bázisállomások, mikrohullámú állomások telephelyeinek előzetes keresését, nyilvántartását. A megrendelő által megadott kategóriák és helyek(rekordok) későbbi módosítására, törlésére, újabb kategóriák és címek felvitelére folyamatos lehetőség van. Térképes adatbázis meglévő kategóriái közül bármennyi megjeleníthető a térképen a saját felviteli adatokon felül.

Összefoglalni a térképi állományok kezelését a következőképp lehet:

— adatbázisok összekapcsolása térképpel;

- objektumok megjelenítése térképen;
- „Hol van” szolgáltatás beindítása, amely térben képes keresni az érdeklődő pozíciójához viszonyítva.

Az adott magyarországi viszonyok között egy, nemzetközi mércével nézve is jelentős és színvonalas digitális térképészeti profil kialakítása több helyen is folyik. Magyarországi településekről 1:100 000, 1:10 000, 1:4000, 1:2000, 1:1000 és 1:500 méretarányú digitális térképek készülnek, utca- és házszámszintűen is.

Helyszíni felmérés során elkészített anyagot a megrendelőnek tetszőleges formátumban (egyéni, vektografikus) adják át, kérés szerint saját fejlesztésű programba vagy más (MapInfo, FreeHand, CorelDraw) vektorgrafikus rajzoló-programba integrálva azt. Az elkészült digitális térképek rendelkezésre állnak szabványos vetületi rendszerekben (WGS-84, EOVI) és többfajta fájlformátumban (MID, MIF, BMP, JPG). A térképek e mellett tartalmazzák a FÖMI által kezelt Hivatalos Földrajzi Névtárat, ami magába foglalja hazánk összes természetföldrajzi objektumának (hegy, folyó, rét, patak, erdő, stb.) elnevezését. Minden elkészült térképhez tetszőleges adatbázisok illeszthetők. A térképek tartalmazzák a Magyarországon meghatározott NUTS szinteket, amelyek hézagmentesen, egymáshoz illeszkedve lefedik az egész országot.

- NUTS0: országhatár (1);
- NUTS2: régió határ (7);
- NUTS3: megye határ (20);
- NUTS4: statisztikai kistérségek határa (150);
- NUTS5: települések közigazgatási határa (3145).

Jelenleg az ország összes településéről és településrészletéről (4383) van utca-, és házszámszintű térkép, amelynek a változásvezetését GPS-es technológiával végzik évenként, illetve az ÁKMI évenkénti hivatalos adatbázisait felhasználva végeznak rajtuk karbantartást.

Fontos megemlíteni, az üzletpolitikát amely olyan, hogy három régió (Észak-Amerika, Európa, Ázsia) szerint forgalmazzák az eszközöket. Itthon egy tenge-rentúlon megvásárolt készüléket nem lehet térképes megjelenítésre használni, a belső adatbázist nem lehet felülírni. A európai készülékekhez pontos, cím szerint kereshető nyugat-európai országtérképeket biztosítanak, de a „gyári” magyar térkép bizony nagyon gyenge. Ezért merült fel az igény, hogy elkészüljön Magyarország térképe is. Digitális magyar térképek, utcanév-adatbázisok elkészítésével egymástól függetlenül több cég foglalkozik, de közvetlenül egyiket sem lehetett átvenni. A GPS-navigáció pontosabb alapokat, más preferenciák szerint készült térképeket igényel.

A Navi-gate által alkalmazott módszer — a térképek „bejárással” pontosítása — sem számít újdonságnak. Csak eddig még nem vette senki a fáradságot, hogy bejárja az összes szilárd burkolatú utat az országban

A GPS-eszközöket használó ügyfelek útvonalairól mentések készülnek, ahol az útvonal pontjai elmentődnek. Az ilyen rekordokat a térképpel összevetve láthatóan előugrik a térkép „csalása”. A 4-es főutat az M5-el összekötő 405-ös út például egyik magyar térképen sem szerepel helyesen.

Eddig olyan rendszerek lehetőségeiről volt szó, amely egy készülékben egyesítette a GPS és a digitális adatbázisokat. Az általuk nyújtott szolgáltatások persze korlátozottak, ha csak a méretükre gondolunk, láthatjuk, nem egyszerű megoldani a széleskörű szolgáltatás lehetőségét is, és a nagy adatbázisokban való munkát egyszerre. Ezért olyan széles a választék a digitális térképpel rendelkező GPS-ek piacán. Tulajdonképpen minden feladatra lehet találni eszközt, de komplex feladatokra elsősorban a mobil PC-hez kapcsolódó GPS-digitális térkép páros jelenti a megoldást.

MOBIL SZÁMÍTÓGÉPEKHEZ KAPCSOLÓDÓ MEGOLDÁSOK

Digitális térkép + GPS alkalmazásával mobil számítógépünk értékes navigációs eszközzé válik. A digitális térképen kívül a számítógép más szakmai szoftvert is tartalmazhat, mely a navigáláson kívül számos hasznos információ elérését teszi lehetővé. Az automatikus útvonal ajánlóval nem csak megtervezhetjük, hanem ellenőrizhetjük, hogy a helyes úton járunk-e?

Új létesítmények, objektumok esetén csak fel kell venni a térképre az adott objektumot. Erre a GPS vevő és a digitális térképet kezelő szoftver lehetőséget ad. Az objektum a digitális térképre egyszerűen felvihető, mégpedig úgy, hogy az előre betöltött táblázatot ki kell tölteni.

MOBILTELEFONNAL EGYBEÉPÍTETT GPS-KÉSZÜLÉK

Újdonságnak számít a mobiltelefonnal egybeépített GPS-készülék. A nagyméretű kijelzőn térképet kezel, sőt képes megjeleníteni, hogy hol van a beszélő fél. Két ilyen eszköz bármikor képes egymáshoz találni, ha a használóik úgy kívánják.

MULTI-NAVIGATOR

Sok kérdés felmerülhet a repülőgépvezető fejében amikor repül. Hol vagyok most? Milyen magasan vagyok? Hogy találok könnyedén vissza? Milyen irányba menjek? Milyen időjárás várható?

Amikor a Multi-Navigator bekapcsolt állapotban van, csak egy gombnyomás és az adott pozíció automatikusan elraktározódik és megjelenik a kijelzőn, mint célállomás. Csak ennyit kell tennie, és biztosan megtalálja a hazavezető utat. Ez egyszerű, gyors és gyakorlatilag elfelejthetetlen!

Néhány szót magáról az eszközről

Ez egy olyan összetett navigációs műszer, amely egy GPS-t, egy elektronikus iránytűt, egy barométert és egy magasságmérő/variométert is tartalmaz. A Multinavigátoron egy sokoldalú navigációs rendszert értünk, ami normál esetben több eszközt feltételez.

A Multinavigátor a GPS műholdas navigációs technológia segítségével mindenkor nagy pontossággal képes meghatározni a pozícióját, bárhol is van a Földön, ugyanakkor képes megmondani a haladási irányát és sebességét, valamint a célpont távolságát és irányát gyorsan és pontosan haladás közben. Ezáltal haladás közben is folyamatosan képes a legfontosabb navigációs információkat mutatni, így nem veszítünk sok időt a tájékozódásban

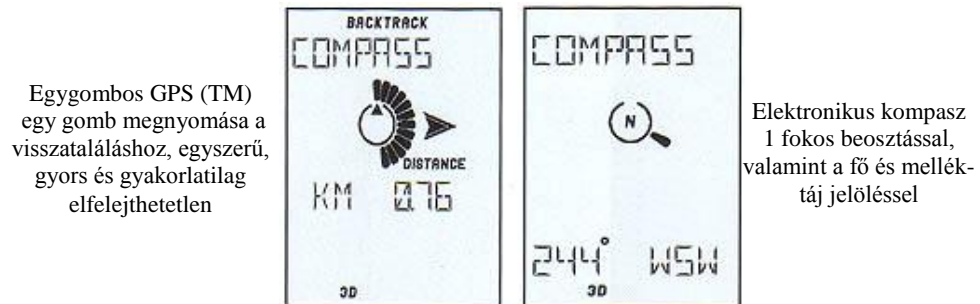
GPS navigáció

Természetesen minden lényeges GPS funkció megtalálható a Multi-Navigatorban, úgy mint 1000 eltárolható útpont, 10 db egyenként 100 pontból álló megfordítható útvonal, sebesség és irány meghatározás, stb. A Multi-Navigator 12 csatornás vevője nagy érzékenységgű ahhoz, hogy nemcsak gyorsabban „rátalál” a műholdakra, hanem még igazán szélsőséges körülmények között is (pl. rossz időben) képes venni a jeleket a műholdakról.

Intelligens elektronikus kompasz navigáció

A Multinavigátorban van egy beépített elektronikus kompasz, amely pontosan meghatározza a célpont irányát, álló helyzetben vagy lassú mozgás esetén is, amely kizárólag GPS műszerrel lehetetlen, mivel a műholdas navigációs készüléknek van egy úgynevezett virtuális mozgása (a GPS rendszer sajátosságából adódóan a mindenkor pozíciómérés a valós helyzettől folyamatosan eltér, ez azt eredményezi, hogy a mért pont folyamatosan vándorol a valós pozíciótól még akkor is, ha nem mozdulunk). A hibának a sebessége átlagosan 0,5–1,5 m másodpercenként, ami megfelel egy gyalogos ember átlagos haladási sebességének. Ez azt jelenti, hogy ha gyalogolunk egy GPS készülék önmagában, tévedhet és nem képes megmutatni a pontos cél irányunkat, ezáltal a kívánt haladási irányba sem tud irányítani bennünket pontosan a GPS.

A hagyományos GPS készülékek csak a műhold vételben bíznak. A Multi-Navigator-ban található elektronikus kompasz, amely mint a hagyományos tájoló, a Föld mágnesessége alapján határozza meg a valós irányt — lassú mozgás esetén szintúgy, mint álló helyzetben.



1. ábra. Iránytű funkció

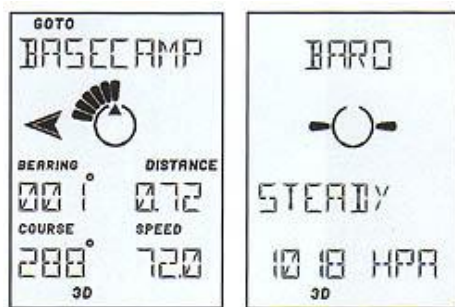
A mágneses deklináció miatt sem kell aggódni, ugyanis bárhol van az IntelliCompass, automatikusan a helyi mágneses variáció szerint kompenzál, így mindig a valós irányt mutatja. Koncentrálnak a navigációra. Az egyedi, beépített elektronikus kompasszal szabadon lehet navigálni anélkül, hogy az lemerítené az akkumulátort. Az elektronikus kompasz és a GPS együttes használata is egyedülálló, ugyanis a GPS vevőt csak a pozíció frissítésére használja, amikor szüksége van rá, míg közben a navigációhoz — hogy a kijelölt irányt pontosan tudja tartani — egyszerűen használja a beépített, elektronikus kompaszt. Így szabadon navigálhat két héten keresztül, 2 db AA elemmel, ellentétben az eddig megszokott néhány órával.

Magasságmérő

Míg a hagyományos GPS-ek mindössze +/- 25 m-es pontossággal tudják meghatározni a magasságot, (extrém műholdállásnál a magasságmérés hibája akár 100 m is lehet), addig a Multi-Navigator — a beépített magasságmérő szenzornak köszönhetően 1 m-en belüli pontossággal határozza meg a magasság értékét. A hegyekben ez értékes navigációs segítség.

A Multinavigátor képes a függőleges irányú sebesség nagypontosságú mérésére is, és mint variométer használható.

GPS navigációnál az információ leolvasása egyszerű, világos. Maximum 1000 útpont tárolása 10 útvonalban.



Légnyomáson alapuló időjárás előrejelzés öt szinten, napostól a viharosig.

2. ábra. Légnyomás/magasság funkció

Időjárás előrejelzés, barométer

A reptülés tervezésekor nemcsak a HOVÁ MENJÜNK kérdés fontos, hanem a MIKOR MENJÜNK kérdés is. A Multi-Navigator segít meghatározni az időjárás alakulását, amely az elkövetkező 12 órára megjósolja a várható időjárást, továbbá rögzíti a nyomás változását 36 órára visszamenőleg.

Szélsőséges körülmények között is működjön a GPS

Mi értelme van annak, hogy egy szélsőséges időjárási körülmény során próbáljunk meg használni egy GPS-t, ha az alacsony hőmérséklet mellett nem működik, sőt még a hőérzet fogalmát is figyelmen kívül hagyja? Az olyan tulajdonságok, mint a szélsőséges hőmérsékleten működő kijelző ($-20 \div +70\text{ }^{\circ}\text{C}$), a vízálló műanyag ház, az energiatakarékos elektronikus kompasz, a kijelző/billentyűzet háttérvilágítás, ötletes, interaktív neoprén védőtok teszik a Multi-Navigator-t a legmagasabb szintű navigációs eszközzé.

Végezetül ne feledkezzünk meg arról a tényről mielőtt következtetéseket vonnánk le, hogy ez a jelenlegi állapot. A lehetőségek olyan messzire nyúlnak, hogy az elkövetkező időszakban egyre több és hasznosabb lehetőséggel egészül ki a rendszer.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Garmin (<http://www.garmin.com>)
- [2] Navi-gate (<http://www.multinavigator.hu>)
- [3] GEOnet Names Server
- [4] US Coast Guard Navigation Center
- [5] <http://www.terkeptar.hu>

MODERN JÁRMŰDINAMIKAI RENDSZEREK VIZSGÁLATA

BEVEZETÉS

A modern járműdinamikai rendszerek tervezése és üzemeltetése elképzelhetetlen az egyes folyamatok nagyfokú automatizálása nélkül. A távvezérlés, és az automatizált irányítás széles körben alkalmazott úgy a szárazföldi- (vasúti és a közúti), a vízi- (felszíni és felszín alatti), mint a légi közlekedési járművek fedélzetén. A közlekedési eszközök sok tekintetben mutatnak hasonlóságot [3, 4, 6, 7, 11, 12, 13].

Az utasok szállítása területén a közlekedési eszközök eleget kell tegyenek az utasok komfort érzete területén támasztott követelményeknek. A modern légi-, közúti-, és a vízi személyszállító eszközök fedélzetén szabályozási rendszereket alkalmaznak, amelyek biztosítják a komfortos, kényelmes utazást: a szabályozó rendszer kiküszöböli a hirtelen fékezések, és a hirtelen gyorsulások lehetőségét. A légi közlekedési eszközökkel szemben támasztott irányítástechnikai követelményeket a [3, 4, 13] könyvek foglalják össze. A katonai légi járművekkel szemben támasztott földi-, és légi üzemeltetési, illetve ütembiztonsági követelményeket, a szabályozási rendszerekkel szemben támasztott minőségi követelményeket a [14, 15, 16] katonai szabványok írják elő.

Az automatizált járműdinamikai rendszerek lényeges mértékben megkönnyítik a kezelő (irányító) személyzet tevékenységét. Repülőgépek automatikus repülésszabályozásának elméletéből és gyakorlatából régről ismert, hogy a repülés számos paraméterét állandó értéken tartja a repülésszabályozó rendszer, valamint a tolóerő szabályozó rendszer.

A szerző célja bemutatni néhány járműdinamikai rendszer irányítástechnikai vizsgálatát. A cikkben vizsgált szabályozási rendszerek részletes bemutatása a [3, 4, 11, 12, 13] irodalmakban történik.

REPÜLŐGÉP IRÁNYÍTÁSELMÉLETI VIZSGÁLATA

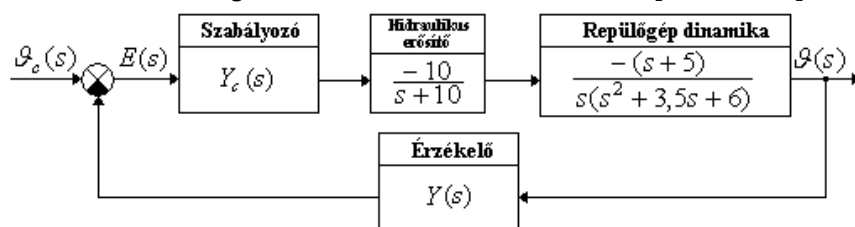
A repülőgépek térbeli mozgásának automatizálása több évtizedes múltra tekint vissza. A modern repülőgépeken alkalmazott aktív-, illetve adaptív repü-

lésszabályozó rendszerek, a Fly-by-Wire rendszerek, a Power-by-Wire technológia lehetővé teszi, hogy a szabályozástechnika legújabb elméleti eredményei a gyakorlatban is alkalmazást nyerjenek [3, 4, 13].

A repülőgépek klasszikus értelemben vett repülésszabályozó rendszere a robotpilóta, amely a repülőgépek térbeli mozgása során az Euler-szögek stabilizálását végzik. A modern repülőgépek repülésszabályozó rendszerei lehetővé teszik a légi jármű pályavezérlését is. Bár nem képezi a repülésszabályozó rendszer szerves részét, mégis meg kell említenünk a repülő hajtóművek digitális üzemmód szabályozó rendszereit, amelyek lehetővé teszik — többek között — a gazdaságos üzemanyag felhasználást.

Az automatikus repülésszabályozó rendszer az eltérés elve alapján működő, és sok esetben az értéktartást megvalósító szabályozási rendszer. A működés során felhasznált energia tekintetében a modern repülésszabályozó rendszerek elektro-hidraulikus szabályozási rendszerek.

A repülőgép bólintási szög stabilizáló rendszere a bedöntési szög állandó értéken tartására szolgál, hatásvázlata az 1. ábrán látható [3, 4, 11, 12].



1. ábra. Repülőgép helyzetstabilizáló rendszerének hatásvázlata

Vizsgáljuk meg a repülőgép alapjel követési tulajdonságait! Feltételezzük, hogy $Y(s)=1$. A tranziens analízis során a vizsgálójel legyen $g_c(t)=0,5t$, amelynek Laplace-transzformáltja a következő lesz [1, 2,]:

$$g_c(t) = s^{-2} \quad (1)$$

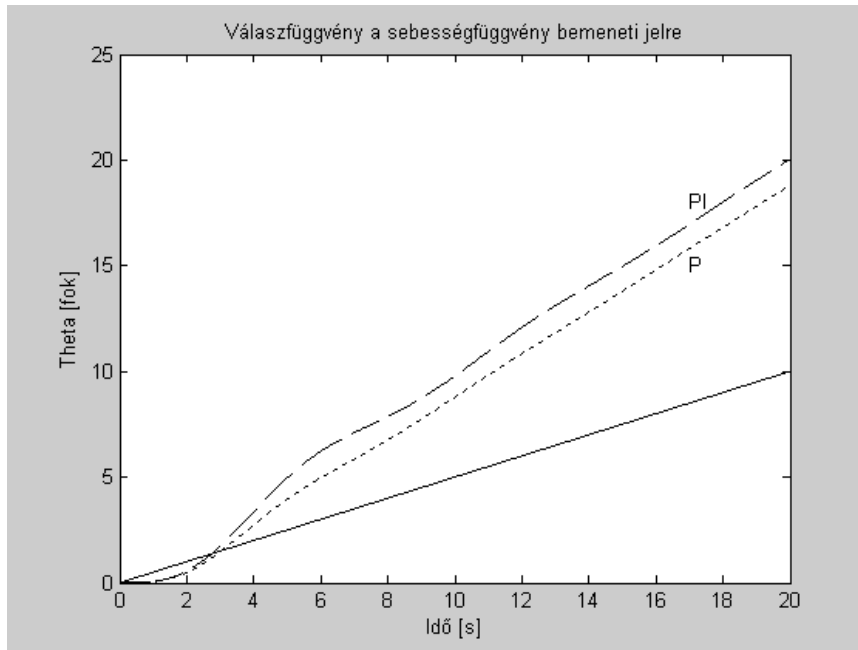
Vizsgálatainkat P- (arányos), illetve PI-típusú (arányos-integráló) soros kompenzátorra is elvégezzük. A soros jelformáló szerv átviteli függvényei legyenek az alábbiak [7, 8, 9, 10]:

$$Y_P(s) = 2 \quad (2)$$

$$Y_{PI}(s) = 2 + s^{-1} \quad (3)$$

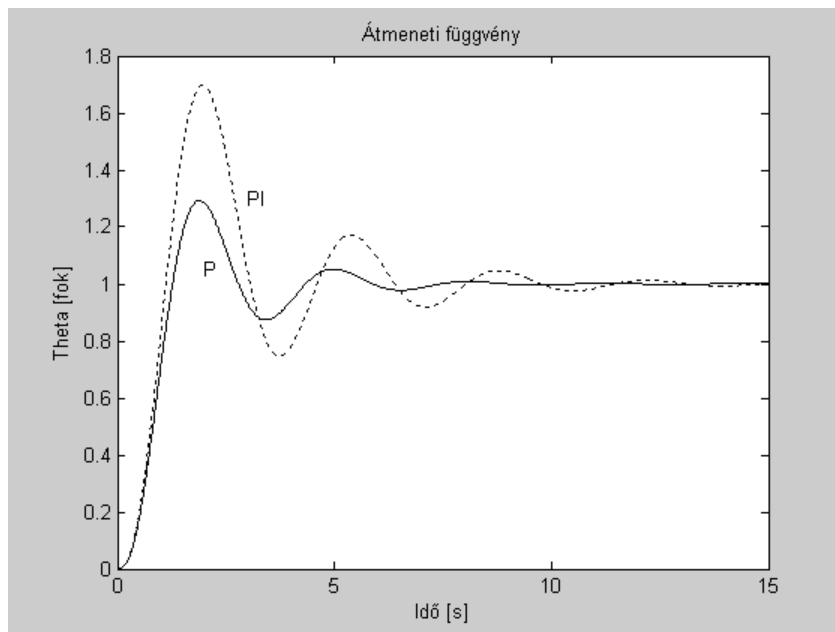
A zárt szabályozási rendszer időtartománybeli analízisének eredményei a 2. ábrán láthatóak [2, 6, 7, 8, 9, 10]. A 2. ábrán a zárt szabályozási rendszer $g_c(t)=0,5t$ bementi jelre adott válaszfüggvénye látható. Az ábra alapján

megállapítható, hogy a PI-jelformálás — a zavarelhárító képesség javítása mellett — az általunk is vizsgált alapjel követés esetében rontja a minőségi jellemzőket.



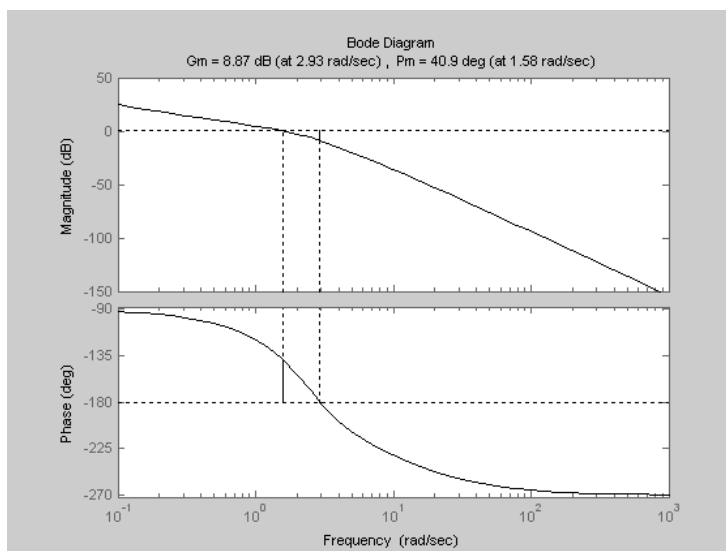
2. ábra. Repülőgép tranziens analízise

Határozzuk meg a repülőgép átmeneti függvényét, amely az egységugrás bemeneti vizsgálójelre adott válaszfüggvény. Az analízis eredménye a 3. ábrán látható. Az ábra alapján megállapítható, hogy a soros PI-jelformáló szerv alkalmazása rontja a zárt szabályozási rendszer minőségi jellemzőit: lényeges mértékben növeli a túlszabályozást, a lengésszámot, és a tranziens időt. Vegyük észre, hogy a szabályozási rendszer tranziens ideje meglehetősen nagy. Ha a tranziens idő csökkentése indokolt, akkor a minőségi jellemzők javítása érdekében PID-soros jelformálást alkalmaznak az előre vezető ágban. Megemlíteni szükséges, hogy a PID-jelformáló szervet úgy tervezik, hogy a differenciáló (D) jelleg zajkiemelő hatása miatt a gyakorlatban nem tisztán D-jelformálót alkalmaznak, hanem olyan sávszűrőt terveznek, amelynek integráló (I) hatása a szűrni kívánt zavaró jelek tartományában hat, a differenciáló (D) hatása pedig a bemeneti jelek tartományában javítja a minőségi jellemzőket: gyorsítja a rendszer minőségi jellemzőit.

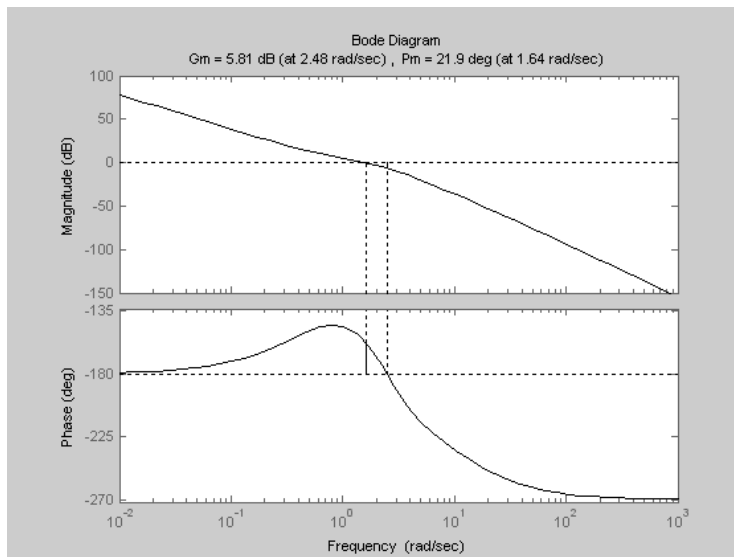


3. ábra. Repülőgép átmeneti függvénye

Vizsgáljuk meg a felnyitott szabályozási rendszer viselkedését frekvenciatartományban. Az analízis eredménye a 4. ábrán látható.



4.a ábra. Repülőgép Bode-diagramja P-szabályozó esetén



4.b ábra. Repülőgép Bode-diagramja PI-szabályozó esetén

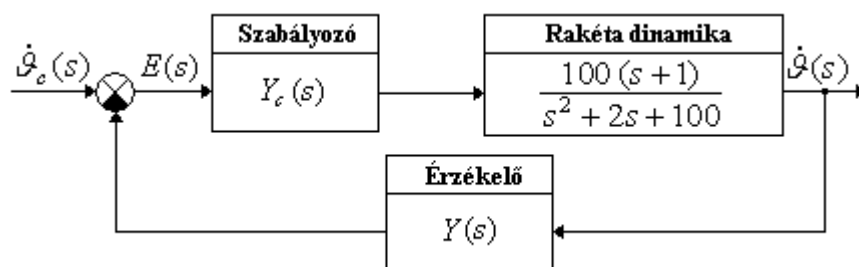
A 4.a és a 4.b ábrákon látható diagramok alapján elmondható, hogy a fázistartalék $40,9^\circ$ (P-szabályozó) értékről $21,9^\circ$ (PI-szabályozó) értékre csökken, míg az erősítési tartalék $8,87$ dB értékről $5,81$ dB értékre csökken. Megállapítható, hogy az integráló jelformálás lényeges mértékben rontja az alapjel követés minőségi jellemzőit. Mindazonáltal előfordulhat, hogy a zavarelhárítás javítása érdekében mégis a PI-szabályozó alkalmazása javasolt. Korábbról ismeretes, hogy a gyakorlatban — hasonló esetben — PID-jelformáló szervet alkalmaznak. Az automatikus repülésszabályozó rendszerek részletes analízisével a [3, 4, 13] irodalmak foglalkoznak, és a téma iránt érdeklődők figyelmébe ajánlottak.

RAKÉTA IRÁNYÍTÁSELMÉLETI VIZSGÁLATA

A levegő-levegő osztályú rakéták rávezetése során az egyik megoldandó fontos feladat a rakéta keresztengelye körüli bólintó mozgás szabályozása [11, 12, 13]. A rakéta bólintási csillapító automatájának hatásvázlata az 5. ábrán látható. A további vizsgálataink során feltételezzük, hogy a szabályozási rendszer egységnyi, merev visszacsatolású, vagyis $Y(s)=1$. A rakéta soros kompenzátora legyen PI-típusú, és az átviteli függvény a következő egyenlettel írható le:

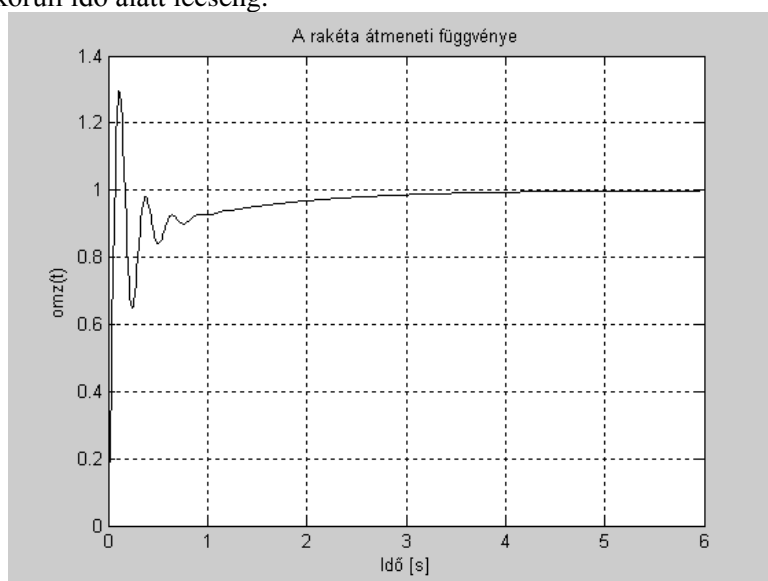
$$Y_c(s) = 0,1 + \frac{5}{s} \quad (4)$$

Vizsgáljuk meg a szabályozási rendszer idő-, és frekvenciatartománybeli viselkedését!



5. ábra. Rakéta bólintási csillapító automatájának hatásvázlata

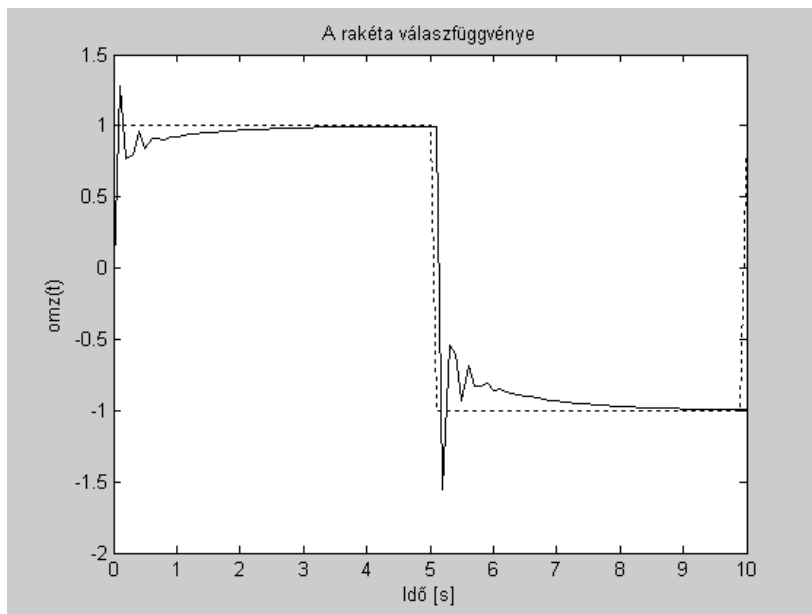
A rakéta átmeneti függvénye a 6. ábrán látható. Mint a 6. ábrán jól látható, a zárt szabályozási rendszer gyors működésű, a tranziens folyamat 2 másodperc körüli idő alatt lecseng.



6. ábra. Rakéta átmeneti függvénye

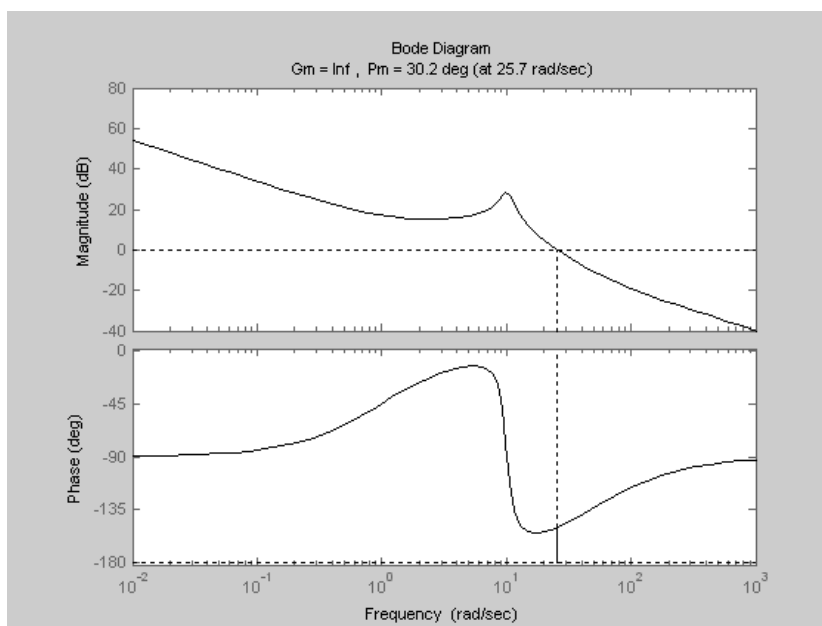
Az átmeneti folyamat viszont erősen lengő jellegű: nagy értékű a túlszabályozás, és nagy a lengésszám is. Könnyen belátható, hogy a fenti esetben alkalmazott egységugrás vizsgálójel csak ritkán figyelhető meg a zárt szabályozási rendszerben, mint bemeneti jel.

Gyakran fordul elő, hogy a rakétát négyszögjel, vagy fűrészjel alakú vizsgáló jelekkel, esetleg ezektől is bonyolultabb függvényű időfüggvényekkel megadható vezérlő jelekkel irányítják. A 7. ábrán egy 10 s periódusidejű, és egységnyi amplitúdójú négyszögjelre adott válaszfüggvényt láthatjuk.



7. ábra. A rakéta tranziens analízise

Vizsgáljuk meg a felnyitott szabályozási rendszer viselkedését a frekvencia-tartományban. Az analízis eredménye a 8. ábrán látható.

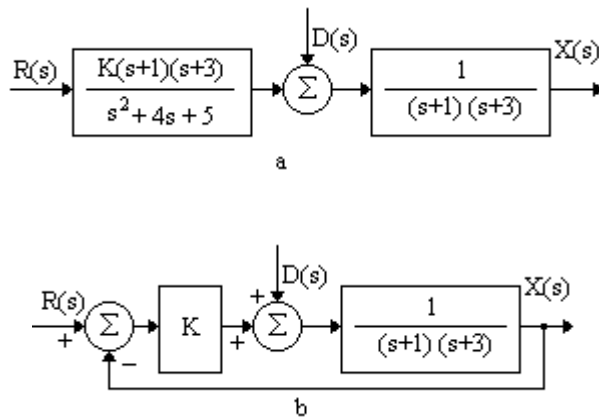


8. ábra. A rakéta Bode-diagramja

A 8. ábra alapján elmondhatjuk, hogy a szabályozási rendszer erősítési tartaléka végtelen nagy értékű, míg a fázistartalék értéke az adott és a rendszerben alkalmazott szabályozó esetén $30,2^\circ$. Elmondható tehát, hogy a csillapító automatája még a PI-struktúrájú szabályozó esetén is biztosítja a szabályozási rendszer minőségi jellemzőit.

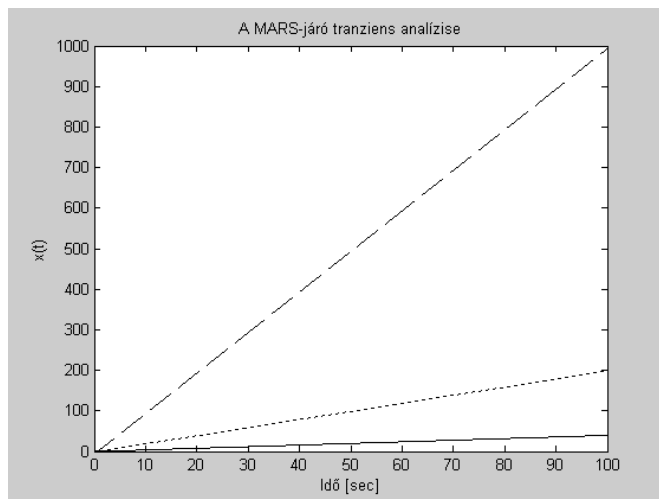
A MARS-JÁRÓ SZABÁLYOZÁSI RENDSZERÉNEK IRÁNYÍTÁSELMÉLETI VIZSGÁLATA

A Mars-járót a Mars felszínén végzendő kutatásokra tervezték. A Mars-járó egyik irányítási módja, amikor a Földről operátor irányítja azt a fedélzetén elhelyezett kamerák Földre továbbított képei alapján. A Mars-járó felnyitott- és a zárt szabályozási rendszerének hatásvázlatát Dorf és Bishop (1995) publikálta. A felnyitott és a zárt szabályozási rendszer hatásvázlata a 9. ábrán látható.



9. ábra. A felnyitott és zárt szabályozási rendszer hatásvázlata

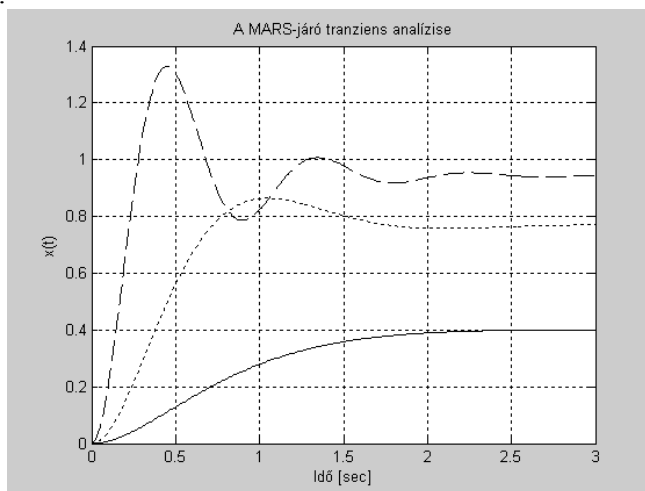
Először vizsgáljuk meg a felnyitott szabályozási rendszer alapjel követési tulajdonságait (9. a. ábra). Az analízis során tekintsük bemeneti jelnek az $r(t) = t$ vizsgálójelet. Feltételezzük, hogy a szabályozó erősítése az értékeket veszi fel: $K = 2, 10, 50$. A nyílt hatáslánc viselkedése a 10. ábrán látható.



10. ábra. '—' K=2, '....' K=10, '- - - -' K=50

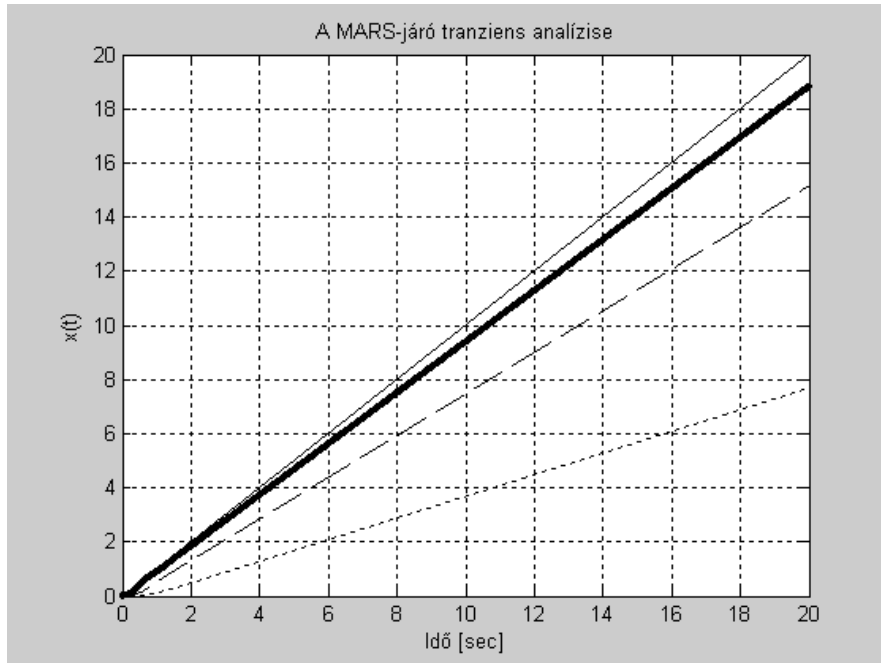
Mint az a 10. ábrán látható, a szabályozó erősítésének növelése az $x(t)$ függvény meredekségét lényegesen növeli, így a jármű egységnyi idő alatt lényegesen nagyobb távolságot tesz meg. A jármű gyorsítását tehát a K erősítési tényező növelésével érhetjük el.

A továbbiakban vizsgáljuk meg a zárt szabályozási rendszer alapjel követési tulajdonságait (9. b. ábra). Az analízis során határozzuk meg az átmeneti függvényt $r(t) = 1(t)$ esetén. A tranziens analízis eredménye a 11. ábrán látható [3, 6, 7].



11. ábra. '—' K=2, '....' K=10, '- - - -' K=50

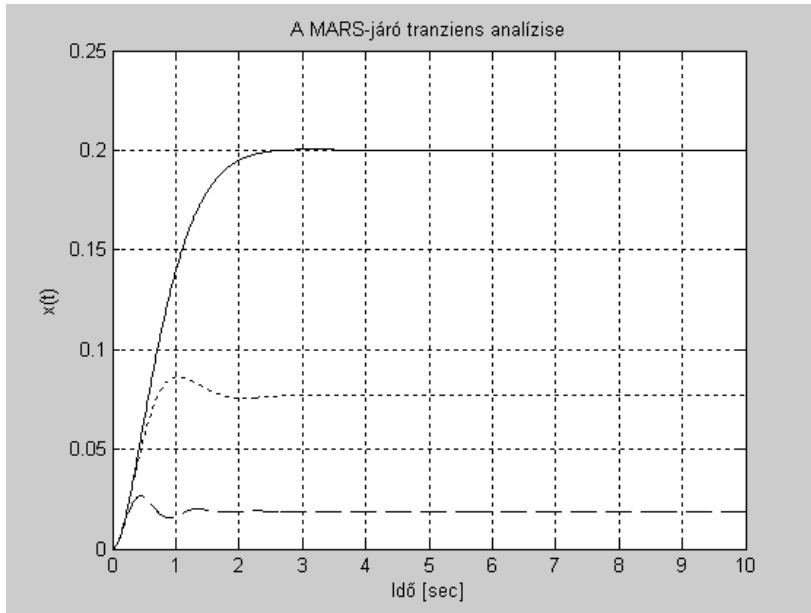
A 11. ábra alapján elmondhatjuk, hogy a szabályozási rendszer kimeneti jele egyre inkább közelít az egységnyi értékhez, de közben lényegesen növekszik a szabályozási rendszer lengési hajlama. Az erősítés értékét nem lehet minden határon túl növelni, mert így a zárt rendszer minőségi jellemzői romlanak. Vizsgáljuk meg a zárt szabályozási rendszer viselkedését az $r(t) = t$ vizsgálójel esetén. A tranziens analízis eredményei a 12. ábrán láthatóak. Az ábrán folytonos vonallal ábrázolva a vizsgálójel időfüggvénye látható.



12. ábra. '.....' $K=2$, '-----' $K=10$, '- - - -' $K=50$

A 12. ábra alapján elmondható, hogy a szabályozó erősítésének növelése esetén az egységsebesség válaszfüggvények meredeksége szintén növekszik, tehát a jármű egységnyi idő alatt nagyobb távolságot tesz meg. Az alapjel követési tulajdonságok vizsgálata mellett mindenképpen szükséges a zavarelhárítás vizsgálata.

Zérusértékű referencia jel esetén vizsgáljuk a szabályozás zavarelhárítását, ha bemeneti jelnek tekintjük a $d(t) = 1(t)$ zavaró jellemzőt, amely jól reprezentálja a sziklás talaj egyenetlenségeit. A szabályozási rendszer kimeneti jele a 13. ábrán látható.



13. ábra. '—' K=2, '....' K=10, '- - -' K=50

A 13. ábra alapján elmondható, hogy a K erősítési tényező növelésével csökken a szabályozási rendszer kimeneti jele, amely a Laplace-transzformáció végérték-tétele alapján az alábbiak szerint határozható meg:

$$x(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} s \left(\frac{1}{s^2 + 4s + 3 + K} \right) \frac{1}{s} = \frac{1}{3 + K} \quad (5)$$

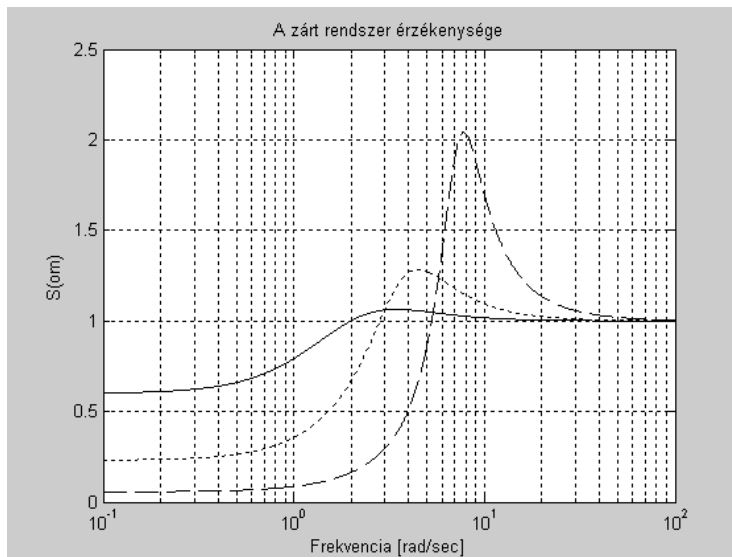
Mint azt az előbbieken tapasztaltuk, a szabályozó K erősítési tényezője lényeges befolyásolja az alapjel követési és a zavarelhárítási tulajdonságokat. Mivel a szabályozási rendszerrel szemben támasztott minőségi követelményeket egyidejűleg kell teljesíteni, ezért a zárt szabályozási rendszer K -szerinti érzékenység vizsgálatát mindenképpen célszerű elvégezni. Először határozzuk meg a zárt szabályozási rendszer alapjelre vonatkoztatott eredő átviteli függvényét. A 9.b ábra alapján kapjuk, hogy:

$$W_c(s) = \frac{K}{s^2 + 4s + 3 + K} \quad (6)$$

A K -szerinti érzékenység az alábbi egyenlet alapján határozható meg:

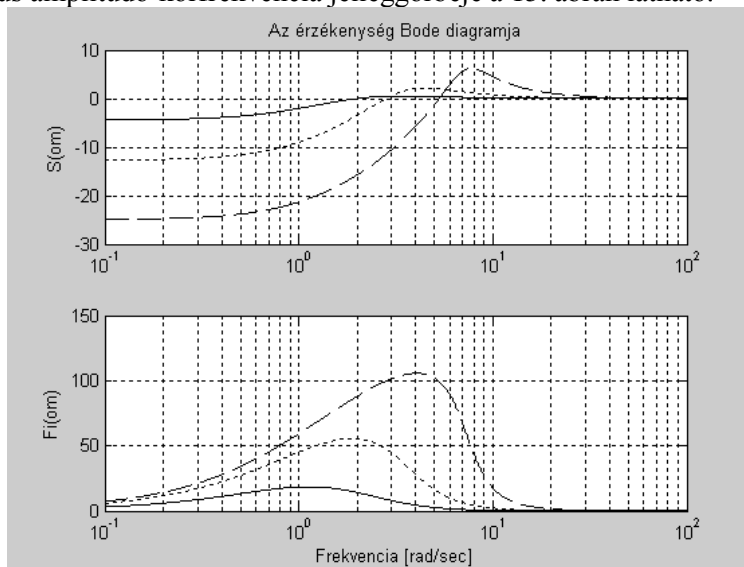
$$S_K^{W_c}(s) = \frac{dW_c(s)}{dK} \frac{K}{W_c(s)} = \frac{s^2 + 4s + 3}{s^2 + 4s + 3 + K} \quad (7)$$

Az érzékenység amplitúdó-körfrekvencia jelleggörbéje a 14. ábrán látható.



14. ábra. '—' K=2, '....' K=10, '- - -' K=50

A 14. ábrán jól látható, hogy kisfrekvenciás tartományban csökken, közepes frekvenciatartományban lényegesen növekszik az érzékenység, míg nagyfrekvenciás tartományban egységnyi értékű. Az érzékenység függvény logaritmusos amplitúdó-körfrekvencia jelleggörbéje a 15. ábrán látható.



15. ábra. '—' K=2, '....' K=10, '- - -' K=50

A szabályozó K erősítési tényezője alapvetően befolyásolja a szabályozás minőségi jellemzőit. A minőségi jellemzők egymásnak ellentmondó módon is változhatnak, ezért a K értékének megválasztása során kompromisszumot kell kötni az alapjel követési és a zavarelhárítási tulajdonságok biztosítása területén.

REPÜLŐGÉP ANYAHAJÓRA TÖRTÉNŐ LESZÁLLÁSÁNAK IRÁNYÍTÁSELMÉLETI VIZSGÁLATA

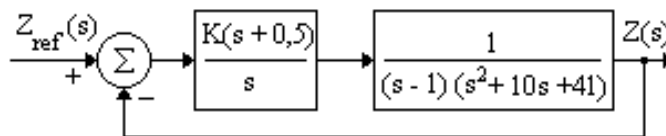
A repülőgép anyahajóra történő leszállítása meglehetősen bonyolult feladat. A repülőgép-vezető három feladatot lát el. A leszállás során a „leszállópálya” tengelyén és a sikló pályán tartja a repülőgépet, valamint beállítja a megfelelő repülési sebességet. A továbbiakban vizsgáljuk meg az iránypályán történő leszállás folyamatát. Mivel a pilóta egyszerre három repülési jellemzőt is ellenőriz a leszállás során, ezért a szabályozási rendszerben a hajózót az alábbi átviteli függvénnyel lehet modellezni [1, 9, 10, 11, 12]:

$$Y_1(s) = \frac{(s + 0,5)}{s} \quad (8)$$

A repülőgép oldalirányú dinamikája instabil és a következő átviteli függvénnyel határozható meg [11, 12]:

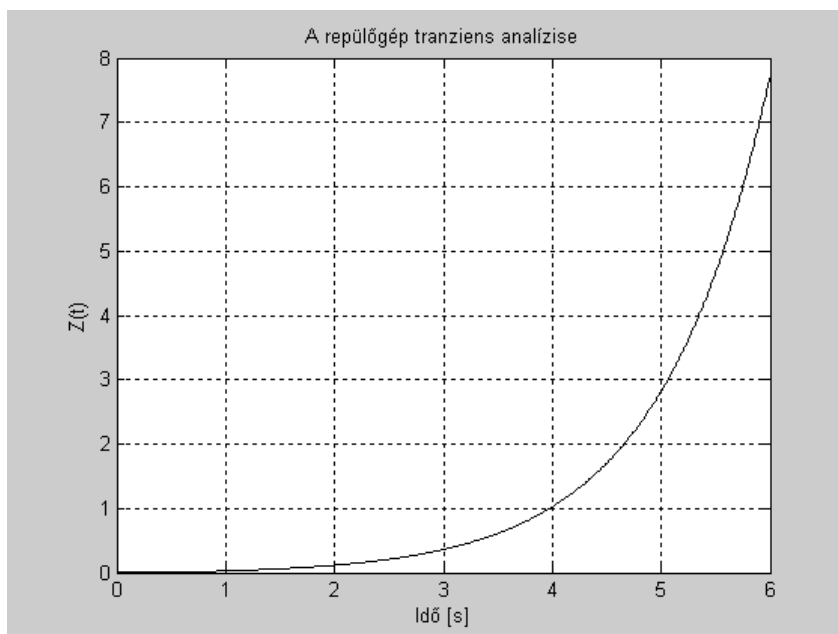
$$Y_2(s) = \frac{1}{(s - 1)(s^2 + 10s + 41)} \quad (9)$$

A zárt rendszer hatásvázlata a 16. ábrán látható.



16. ábra. A zárt rendszer hatásvázlata

Vizsgáljuk meg a repülőgép oldalirányú mozgásának tranziens viselkedését. A nemirányított repülőgép analízisének eredménye a 17. ábrán látható.



17. ábra. Az oldalkoordináta transziens viselkedése

Az analízis során bemeneti jelnek tekintjük az oldalkoordináta egységnyi változását, amit — például — az oldalszél hozhat létre. A nemirányított repülőgép minőségi jellemzőit az alábbi táblázat foglalja össze:

Sajátvektorok	Csillapítási tényező, ξ	Körfrekvencia, rad/s
1,00	-1	1,00
$-5+4i$	0,781	6,40
$-5-4i$	0,781	6,40

Határozzuk meg a K erősítési tényező azon értékeit, amely esetén a szabályozási rendszer stabilis működésű. A 16. ábrán látható zárt szabályozási rendszer alapjelre vonatkoztatott eredő átviteli függvénye a következő lesz:

$$W(s) = \frac{K(s+0,5)}{s(s-1)(s^2+10s+41)+K(s+0,5)} \quad (10)$$

A (10) egyenletből a zárt rendszer karakterisztikus egyenlete az alábbi módon írható fel:

$$K(s) = s^4 + 10s^3 + 31s^2 + s(K-41) + 0,5K = 0 \quad (11)$$

A (11) karakterisztikus egyenlet alapján határozzuk meg a Hurwitz-determinánst:

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} 9 & K-41 & 0 & 0 \\ 1 & 31 & 0,5K & 0 \\ 0 & 9 & K-41 & 0 \\ 0 & 1 & 31 & 0,5K \end{vmatrix}, \quad (12)$$

melyet kifejtve kapjuk, hogy:

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 9 & K-41 \\ 1 & 31 \end{vmatrix} = 320 - K > 0, K < 320, \quad (13)$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 9 & K-41 & 0 \\ 1 & 31 & 0,5K \\ 0 & 9 & K-41 \end{vmatrix} = -K^2 + 320,5K - 13120 > 0 \quad (14)$$

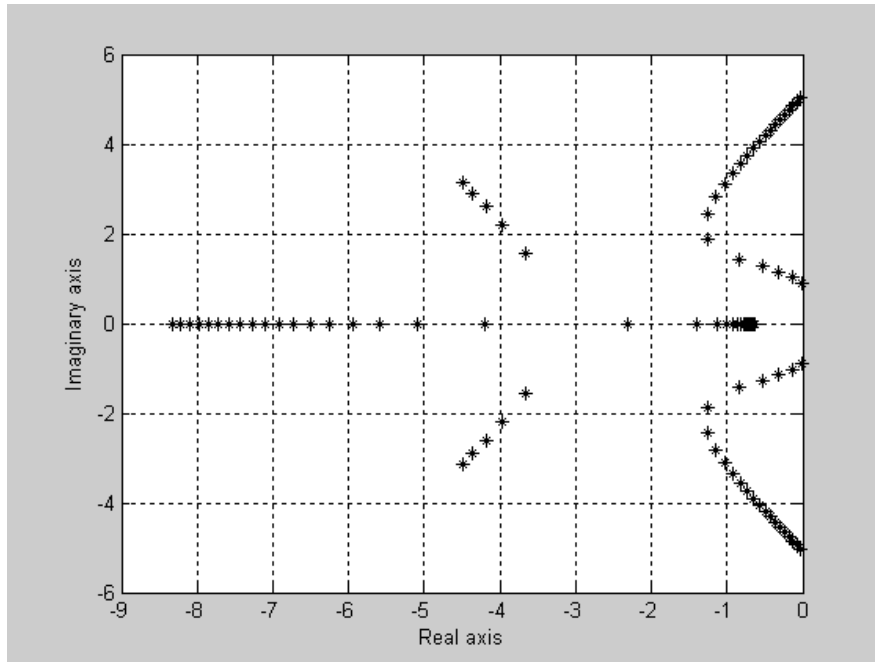
$$48,18 < K < 272,32$$

$$\Delta_4 = 0,5K \Delta_3 > 0, K > 0 \quad (15)$$

A (13), a (14) és a (15) egyenletek alapján az erősítés értéke a következő:

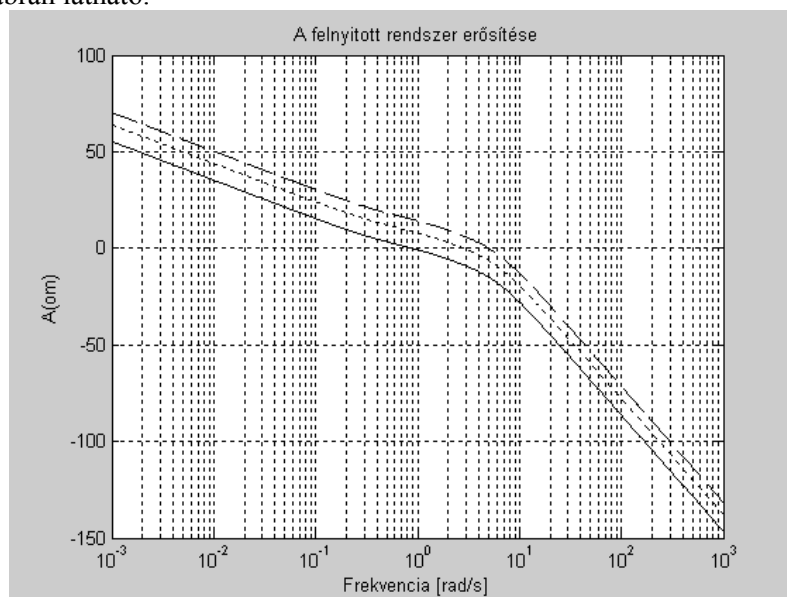
$$48,18 < K < 272,32 \quad (16)$$

A stabilis működési tartományban változtassuk a K-t a minimális és a maximális értékek között mindig 10-zel növelve azt. Az egyes erősítésekhez tartozó sajátvektorokat a 18. ábrán láthatjuk.



18. ábra. Az egyes erősítésekhez tartozó sajátvektorok

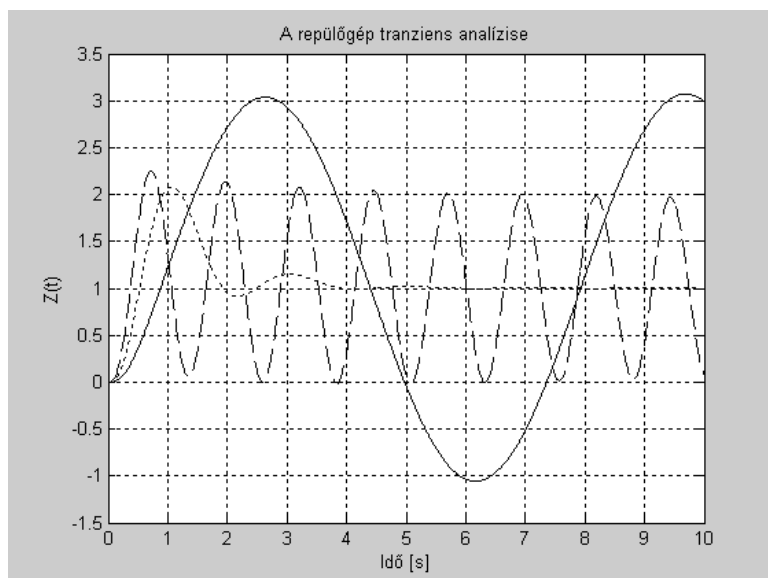
Vizsgáljuk meg a felnyitott szabályozási rendszer frekvenciatartománybeli viselkedését a K erősítés 48, 130 és a 270 értékeire. Az analízis eredménye a 19. ábrán látható.



19. ábra. A felnyitott szabályozási rendszer Bode-diagramja
 '—': $K=48$, '.....': $K=130$, '- - -': $K=270$

A 19. ábrán jól látható, hogy az erősítés növelésével nő a hurokerősítés. Kisfrekvenciás tartományban — ahol a pilóta bemeneti jelei is hatnak — nagy erősítéssel viszi át a jeleket a szabályozási rendszer. Közepes frekvenciatartományban a jó stabilitási viszonyok biztosítása érdekében a görbék meredeksége közel -20dB/dekád . Nagyfrekvenciás tartományban a szabályozás jól szűri a zavaró jeleket.

A szabályozási rendszer frekvenciatartománybeli viselkedése mellett mindenképpen szükséges a zárt szabályozási rendszer analízise is. A vizsgálatok során az erősítés 48, 130 és a 270 értékeit vettük figyelembe. A (16) egyenlet alapján elmondható, hogy a 48 érték a stabilis működés alsó-, míg a 270 érték a stabilis működés felső határát reprezentálja. A zárt szabályozási rendszer tranziens analízisének eredményei az erősítés korábban megadott három értéke a 20. ábrán látható.



20. ábra. Transziens analízis
 '—': $K=48$, '.....': $K=130$, '- - -': $K=270$

A 20. ábrán jól látható, hogy a 48 és a 270 erősítések esetén a zárt szabályozási rendszer a stabilis működés határára kerül. A 130 erősítés esetén az oldalkoordináta — erősen lengő jelleggel — beáll a vizsgálójel értékére. A zárt szabályozási rendszer szűkebb értelemben vett minőségi jellemzőinek beállítására további jelformálást kell alkalmazni.

BEFEJEZÉS

A modern szabályozástechnikai rendszerek előzetes tervezésekor szükségszerűen digitális számítógépet kell alkalmazni. A megtervezett rendszer idő- és frekvenciatartománybeli analízisének eredményei, és a minőségi jellemzők alapján el kell dönteni, hogy szükséges-e a szabályozási rendszer szabályozójának további hangolása. Ha igen, akkor újabb szabályozót tervezünk, és újra elvégezzük a felnyitott, illetve a zárt szabályozási rendszer analízisét. A szabályozó előzetes tervezését mindaddig folytatjuk, amíg az előírt minőségi követelmények nem teljesülnek.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] D'Azzo, J. J. – Houpis, C. H. *Linear Control System Analysis and Design*, McGraw-Hill, Inc., 1995.

- [2] Biran, A. – Breiner, M. *MATLAB[®] for Engineers*, Addison-Wesley, Publishing Company, Inc., 1995.
- [3] Nelson, R. C. *Flight Stability and Control*, The McGraw-Hill Companies, Inc., 1998.
- [4] McLean, D. *Automatic Flight Control Systems*, Prentice-Hall, Inc., 1990.
- [5] Ogata, K. *Modern Control Engineering*, Prentice-Hall International, Inc., 1990.
- [6] Ogata, K. *Designing Linear Control Systems with MATLAB[®]*, Prentice-Hall, International, Inc., 1994.
- [7] Ogata, K. *Solving Control Engineering Problems with MATLAB[®]*, Prentice-Hall, International, Inc., 1994.
- [8] Shahian, B. — Hassul, M. *Control System Design Using MATLAB[®]*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.
- [9] *MATLAB[®] 6.5 — The Language of Technical Computing*, User's Guide, The MathWorks, Inc., 2001.
- [10] *Control System Toolbox 5.1 for Use With MATLAB[®]* (Release 12.1), User's Guide, The MathWorks, Inc., 2001.
- [11] Dorf, R. C. — Bishop, R. H. *Modern Control Systems*, Prentice-Hall, 1995.
- [12] Dorf, R. C. — Bishop, R. H. *Modern Control Systems*, Prentice-Hall, 2001.
- [13] Blakelock, J. H. *Automatic Control of Aircraft and Missiles*, John Wiley & Sons, Inc., New York, London, Sydney, 1965.
- [14] *MIL-F-8785C, Notice 2, Flying Qualities of Piloted Airplanes*, 1996.
- [15] *MIL-F-9490D, Notice 1, Flight Control Systems – Design, Installation, and Test of Piloted Aircraft, General Specification*, 1992.
- [16] *MIL-C-18244A, Amendment 1, Control and Stabilization System: Automatic, Piloted Aircraft, General Specification*, 1993.

REZÜMÉ

Berkovics Gábor–Krajnc Zoltán–Palik Mátyás

A csehszlovák légierő a két világháború között

A Csehszlovák állam születésétől feldarabolásáig nagy gondot fordított a légierejének kiépítésére, fejlesztésére, modernizálására, karbantartására. Ezt a két évtized alatt racionálisan és hatékonyan megoldották. Az ország szükségleteihez képest igen erős és modern légiflottával rendelkezett. Enyhe túlzás ugyan, ám mégis el lehet fogadni azt a megfogalmazást, hogy a két világháború között Csehszlovákia „Európa szárazföldi repülőgép anyahajója” volt. A csehszlovák légierő végül nem került alkalmazásra, azonban szervezettsége, felépítése, vezetettsége, állományának kiképzettsége, s felkészültsége elismerésre méltó volt.

Gácsér Zoltán

A kis méretű pilóta nélküli repülőgépek katonai alkalmazásának lehetőségei

A szerző cikkben bemutatja a közeli hatótávolságú pilóta nélküli repülő eszközök alkalmazásának lehetőségeit a XXI. század katonai műveleteiben. Ezzel rávilágítva arra, hogy a modern harcelfjárások milyen követelményrendszert állítanak a kis méretű pilóta nélküli repülő eszközök elé. Továbbá bemutatja, melyek azok az előnyök, amelyeket éppen ezek az eszközök nyújtanak a katonáknak.

Urbán István

Égitestek mozgása, égi koordináta-rendszerek navigációs összefüggései

Napjaink navigációs módszerei és eljárásai között — ha érdemtelenül is — de mindinkább visszaszorulni látszik a csillagászati alkalmazások felhasználási aránya. Talán ez azért történhet meg, mert nincs olyan alapfogalmakat bemutató és magyarázó összefoglaló dokumentum, mely pótolná ezt a hiányt. Jelen publikáció valószínűleg segít az alapösszefüggések megismerésében, és egyben figyelemfelkeltő szerepet is betölthet az olvasóban.

Koncz Miklós Tamás

Fedélzeti inerciális adatgyűjtő rendszer alkalmazása pilóta nélküli repülőgépekben

Korunk egyik sikertémája a pilótánélküli repülőgépek fejlesztése és alkalmazása, melynek hazai katonai és polgári kutatásában a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskolája, az Elektronikai Hadviselés tanszéke, a Bolyai János Katonai Műszaki Kar Fedélzeti Rendszerek Tanszéke és az Aero-Target BT. közt sikeres együttműködés alakult ki, mely tükröződik az elkészült repülőgépekben és fedélzeti elektronikákban.

A Meteor-3 Mistral célrepülőgép modernizálása során felmerült, hogy a fejlesztés alatt lévő robotpilóta rendszer behangolását megkönnyítené a célrepülőgép, mint szabályozott szakasz identifikációja. Ezért a feladat megoldására, az Aero-Target BT. részéről, a szerző egy fedélzeti adatgyűjtő berendezés tervezési koncepcióját ismerteti.

A Fedélzeti Rendszerek tanszék oktatói segítségével az inerciális adatgyűjtő által rögzített adatok alapján, a célrepülőgép identifikációra kerül, amely egy későbbi cikkben kerül bemutatásra

A jelen cikkben a modell szervók, mint a pilótánélküli repülőgép beavatkozó szervei, különös tekintettel kormányfelület szögelfordulás jeladóként való alkalmazásukra, valamint az alkalmazott XSENS MT9-es inerciális szenzor modul és az adatgyűjtő integrációja kerül ismertetésre.

Gácsér Zoltán

A mini és a mikro pilóta nélküli repülőgépek

A szerző a cikkben a katonákat segítő robotok egy csoportjával, a mini és a mikro pilóta nélküli repülőgépekkel foglalkozik. Ezeknek az eszközöknek mindinkább meghatározó szerepük van a kis alegység és az egyes harcos támogatása során, a valós idejű felderítési adatok gyűjtésében és továbbításában.

Szegedi Péter

Pilóta nélküli repülő eszközök

A pilóta nélküli légitárműveket felfoghatjuk úgy, mint vezető nélküli, és többször felhasználható motoros légi járműveket, melyek táv-, félautonóm-, autonóm- vagy kombinált vezérlésűek és képesek különböző típusú hasznos terhek hordozására, melyekkel speciális feladatokat hajtanak végre a föld légkörén belül vagy azon kívül meghatározott ideig.

Urbán István

A teresztrikus-navigációs időszámítás és gyakorlati alkalmazásai

A teresztrikus navigáció alkalmazásáról elmondható, hogy — kis túlzással ugyan, de — egyidős az emberiséggel. A navigáció ezen elemi fajtájának felhasználása szinte csakis a repülés „kiszélesített” területein valósul meg napjainkban. Nem feledkezhettünk meg azonban századunkban arról a tényről, hogy a Föld időszámításának alapjait épp a teresztrikus navigáció kidolgozása helyezte szilárd tudományos alapokra. Ezen publikáció fő célja az alapismeretek bővítése, valamint új ismeretek közlése.

Géczi József

A digitális térkép alkalmazási lehetőségei a repülésben

A szerző a Repüléstudományi Közlemények egy korábbi számában felhívta a figyelmet a GPS és a digitális térképek együttműködésére, és ezen rendszerek széles tárházára. A cikkben bemutatja milyen óriási lehetőségek rejlenek ezekben a rendszerekben. Magyarországon a GPS készülékek piaca most ébred. Erre felé a navigációs eszközöknek nincs hagyománya, saját folyóirata sincs a témának, viszont már kerékpártúrákhoz is ajánlják. A repülés egy olyan terület, amelyben a navigáció jelentős szerepet kap. Ezeknek az eszközöknek biztos helyük van a fedélzeten, kérdés mikor...?

Szabolcsi Róbert

Modern járműdinamikai rendszerek vizsgálata

A modern járműdinamikai rendszerek tervezése és üzemeltetése elképzelhetetlen az egyes folyamatok nagyfokú automatizálása nélkül. A távvezérlés, és az automatizált irányítás széles körben alkalmazott úgy a szárazföldi- (vasúti és a közúti), a vízi- (felszíni és felszín alatti), mint a légi közlekedési járművek fedélzetén. A közlekedési eszközök sok tekintetben mutatnak hasonlóságot. A szerző célja bemutatni néhány járműdinamikai rendszer irányítástechnikai vizsgálatát.

SZERZŐK

Dr. Berkovics Gábor mk. alezredes	egyetemi tanársegéd, ZMNE Kossuth Lajos Hadtudományi Kar, Légierő műveleti tanszék, Légierő hadművelet elmélet és harcászat szakcsoport
Dr. Krajnc Zoltán mk. alezredes	egyetemi docens, ZMNE Kossuth Lajos Hadtudományi Kar, Légierő műveleti tanszék, Légierő hadművelet elmélet és harcászat szakcsoport
Palik Mátyás őrnagy	egyetemi adjunktus, ZMNE Kossuth Lajos Hadtudományi Kar, Légierő műveleti tanszék, Repülő szakcsoport, tanszékvezető helyettes
Gácsér Zoltán mk. százados	ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Kar, Információs rendszerszervező tanszék, Információs Műveletek és Elektronikai Hadviselés Szakcsoport, doktorandusz
Urbán István őrnagy	egyetemi adjunktus, ZMNE Kossuth Lajos Hadtudományi Kar, Légierő műveleti tanszék, Repülő szakcsoport
Koncz Miklós Tamás	Antenna Hungária Rt. Szentés Szerviz
Szegedi Péter okl. mk. őrnagy	egyetemi tanársegéd, ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Kar Repülőműszaki Intézet Fedélzeti rendszerek tanszék, intézetigazgató helyettes
Géczi József okl. mk. őrnagy	egyetemi tanársegéd, ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Kar Repülőműszaki Intézet Fedélzeti rendszerek tanszék
Dr. habil. Szabolcsi Róbert okl. mk. alezredes	egyetemi docens, ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Kar Repülőműszaki Intézet Fedélzeti rendszerek tanszék